

**Cambios en la Cobertura Vegetal y en el Espejo de Agua Asociados a la
Influencia Antrópica en el Humedal Toqui-Toqui, Tolima, Colombia**

Natalia Sánchez Rodríguez

Asesora:

Gloria Yaneth Flórez Yepes MSc

**Cambios en la Cobertura Vegetal y en el Espejo de Agua Asociados a la
Influencia Antrópica en el Humedal Toqui-Toqui, Tolima, Colombia**

Presentado por:

Natalia Sánchez Rodríguez

Trabajo presentado para optar al título de

Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Asesora:

Gloria Yaneth Flórez Yepes MSc

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas

Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Manizales

2018

Tabla de Contenido

Lista de Tablas y Figuras	5
Resumen	9
Abstract	9
Introducción	11
1. Problemática de la Investigación	13
1.1. Características Ambientales del Humedal Toqui-Toqui y su Área Circundante	13
1.2. Descripción del Problema	16
1.3. Actores Asociados al Estudio	18
1.4. Pregunta de Investigación	18
2. Objetivos	19
2.1. Objetivo General	19
2.2. Objetivos Específicos	19
3. Justificación	20
4. Marco Teórico	22
4.1. Antecedentes	22
4.2. El Concepto de Humedal	25
4.2.1. Principales tipos de humedales.	26
4.2.2. Clasificación de los humedales interiores.	26
4.2.3. Funciones de los humedales interiores.	27
4.2.4. Servicios ecosistémicos de los humedales.	28
4.2.5. Caracterización de las coberturas de tierra.	29
4.2.6. Transformaciones ambientales sobre los humedales.	31
4.2.7. Gestión ambiental de humedales en Colombia.	33
	3

4.2.8. Restauración ecológica de humedales.	35
4.3. Ordenamiento Territorial del Municipio de Piedras	36
4.4.1. Captura e interpretación de imágenes satelitales.	39
4.4.2. Captura de geoformas.	41
4.4.3. Imágenes de coberturas vegetales y masas de agua.	41
4.4.4. Leyenda Corine Land Cover.	42
4.5. Análisis de Impactos Ambientales a través de Diagramas de Causa - Efecto	42
5. Metodología	44
5.1. Tipo de investigación	44
5.2. Población	45
5.3. Descripción del Área de Estudio	46
5.4. Etapas de la Investigación	47
5.4.1. Recolección de información primaria y secundaria.	48
5.4.2. Identificación de posibles impactos ambientales con la matriz causa – efecto.	50
5.4.3. Ejecución y verificación del análisis multitemporal.	50
5.4.4. Acercamiento a la comunidad.	53
5.4.5. Identificación de estrategias.	54
5.5. Categorías de Análisis	54
6. Resultados y Discusión	55
6.1. Cambios en las Características del Humedal Toqui-Toqui	55
6.2. Análisis Multitemporal	56
6.2.1. Dinámica de cambios en unidades de cobertura de acuerdo a las actividades antrópicas.	57
6.2.2. Análisis multitemporal 1969 a 1995.	59
6.2.3. Análisis multitemporal 1995 a 2001.	65
6.2.4. Análisis multitemporal 2001 a 2017.	72
6.2.5. Análisis de tendencias de cambios de coberturas de la tierra.	80
	4

6.3. Identificación de los Impactos Ambientales Percibidos en el Humedal	82
6.4. Identificación de Estrategias que Aporten Posibilidades de Restauración	86
7. Conclusiones	91
8. Recomendaciones	93
Referencias	97

Lista de Tablas y Figuras

Tablas

Tabla 1. Clasificación del suelo Municipio de Piedras, Tolima	36
Tabla 2. Clasificación del suelo de protección Municipio de Piedras, Tolima	37
Tabla 3. Áreas de reserva y protección Municipio de Piedras, Tolima	37
Tabla 4. Actores relevantes en la dinámica del estudio	45
Tabla 5. Vértices del área de estudio	46
Tabla 6. Técnicas e instrumentos para el trabajo de campo	49
Tabla 7. Imágenes utilizadas en la interpretación	51
Tabla 8. Dinámica de cambios de cobertura entre los años 1969 y 1995	60
Tabla 9. Dinámica de cambios de cobertura entre los años 1995 y 2001	66
Tabla 10. Dinámica de cambios de cobertura entre los años 2001 y 2017	74
Tabla 11. Sistematización información cualitativa – Categorías para la Identificación de estrategias	87

Figuras

Figura 1. Definición del área de estudio	47
Figura 2. Etapas de la investigación	48
Figura 3. Recolección de información	49
Figura 4. Dinámica de cambios en la cobertura de la tierra entre los años 1969 y 1995	64

Figura 5. Registro de invasión de las rondas hídricas	65
Figura 6. Dinámica de cambios en la cobertura de la tierra entre los años 1995 y 2001	71
Figura 7. Registro de invasión de rondas hídricas por actividades agropecuarias y paso de semovientes	72
Figura 8. Dinámica de cambios en la cobertura de la tierra entre los años 2001 y 2017	78
Figura 9. Infraestructura petrolera en el humedal Toqui-Toqui	79
Figura 10. Tendencia de los cambios en la cobertura de la tierra	80
Figura 11. Tendencia del espejo de agua en los periodos analizados	81
Figura 12. Registro de entrevistas y reuniones de grupo focal	83
Figura 13. Matriz Causa y Efecto	84

Agradecimientos

A mi mamá, por ser lo más lindo del mundo, por su inmenso amor e incondicionalidad que hacen brillar siempre mi espíritu para nunca decaer.

A mi papá, por ser el mejor en todo, por su apoyo, comprensión, enorme cariño y por ser el mejor compañero en la fase de campo de este proceso.

A Camilo, por ser el compañero de vida que trae magia a mis días. Contigo mi vida y corazón siempre, gracias por tu amor apoyo y comprensión sin reparo alguno.

A Maribel García Restrepo, que con su conocimiento, orientación y correcciones fue un aprendizaje constante, pero sobre todo por su apoyo y motivación se logró culminar este proceso.

A mi Directora de Tesis Gloria Yaneth Flórez Yepes, por compartir sus valiosos conocimientos, generar el encanto por los humedales e instruirme en este propósito.

A los habitantes de la vereda La Manga de Los Rodríguez, los propietarios de los predios cercanos al humedal y demás actores relevantes identificados en el área de influencia directa, quienes gracias a su cordialidad y disponibilidad generosa aportaron una valiosa información histórica para el desarrollo de esta investigación.

A la alcaldía del municipio de Piedras, por permitirme el acercamiento con la comunidad.

A The Betza family por acogerme con cariño, compartir sus experiencias y alegrar los encuentros académicos.

A Dios por no soltar mi mano y mostrarme otra oportunidad. Gracias Padre Cielo.

Resumen

El humedal Toqui-Toqui, localizado en la vereda Manga de los Rodríguez, en el municipio de Piedras, departamento de Tolima, tiene gran importancia local por los servicios ecosistémicos que presta: provisión de agua para usos de conservación, pesca, diversidad de flora y fauna silvestre, regulación hídrica y de temperatura, entre otros. En los últimos años se han notado cambios desfavorables en el humedal, lo que ha generado preocupación entre los pobladores del lugar, dado los vínculos culturales e históricos que mantienen con su territorio. Mediante un análisis multitemporal en un periodo que va de 1969 a 2017, sobre la evolución de la cobertura vegetal y el espejo de agua, se corroboran las transformaciones en la fisionomía del paisaje y en la fuente hídrica. Este análisis, sumado a la identificación en campo de los impactos ambientales y a la interpretación de la información suministrada por los actores de la zona a través de reuniones y entrevistas, permite comprender las posibles causas del deterioro del humedal y brinda pautas para su conservación. Asimismo, el trabajo evalúa el logro de los objetivos planteados en el Plan de Manejo Ambiental del humedal desarrollado por la autoridad ambiental de la zona y su concordancia con la política nacional de humedales y el Convenio Internacional de Ramsar. Con estos análisis e interpretaciones se genera un conjunto de estrategias de intervención para superar las debilidades encontradas, proporcionando elementos de manejo que contribuyan a superar la crisis ambiental del humedal y propendan por su sostenibilidad.

Palabras Claves: Humedal, Toqui-Toqui, coberturas de la tierra, conservación de humedales, Convenio Ramsar, interpretación de imágenes digitales.

Abstract

The Toqui-Toqui wetland located in the path Manga de los Rodriguez in the municipality of Piedras, Tolima, has great local importance for the ecosystem services it provides: provision of water for conservation uses, fishing, diversity of flora and fauna, regulation water and

temperature, among others. In recent years, there have been unfavorable changes in the same, which has generated concern among the inhabitants given their cultural and historical ties to their territory.

A multi-temporal analysis over a period of 48 years on the evolution of the vegetal cover and the water mirror, allows to corroborate the transformations in the physiognomy of the landscape and the water source. This analysis, added to the identification, in the field, of the environmental impacts and, the interpretation of the information provided by the actors of the zone through meetings and interviews allow to understand the possible causes of the deterioration and provide guidelines for its conservation.

Likewise, the achievement of the objectives set out in the environmental management plan of the Wetland developed by the environmental authority of the area and its agreement with the national wetland policy and the International Ramsar Convention is evaluated.

With these analyzes and interpretations, a set of intervention strategies are generated to overcome the weaknesses found, providing management elements that contribute to overcoming the environmental crisis and promote the sustainability of the Wetland for future generations.

Key Words: Wetland, Toqui-Toqui, land cover, wetland conservation, Ramsar Convention, interpretation of digital images.

Introducción

La importancia de los humedales está referida a los bienes y servicios ecosistémicos que ofrecen a la humanidad, partiendo de que son determinantes en la culminación de los ciclos bioquímicos, la regulación hídrica, la diversidad florística y faunística que se presentan en ellos y hasta en la mitigación de los cambios climáticos. En contraste, la fragilidad de su equilibrio y la disminución de su extensión y calidad ambiental traen como consecuencia la reducción de la oferta de estos servicios con un alto grado de irreversibilidad.

Algunos de estos ecosistemas cuentan con planes de manejo cuya aplicación ha sido en algunos casos poco efectiva y en los cuales el seguimiento al impacto de las estrategias de conservación no se ha medido de manera consistente, lo que imposibilita la verificación del comportamiento de los medios físicos, bióticos y abióticos propios de estas zonas de vida por parte de las autoridades ambientales competentes y otros actores interesados.

Esta condición es propia del humedal Toqui-Toqui, el cual cuenta con un plan de manejo ambiental que exige medidas de monitoreo y seguimiento acorde a las oportunidades tecnológicas actuales y a la importancia local que representa para la supervivencia de los seres vivos humanos y no humanos que habitan en su área de influencia.

Un análisis multitemporal que parte de un histórico de imágenes satelitales desde el año de 1969 hasta el 2017, más la identificación de los impactos ambientales percibibles en los recorridos de campo, junto con la información recogida de la autoridad ambiental y a través de los encuentros con pobladores del lugar, permite reconocer las razones del evidente deterioro del humedal, representado principalmente en los cambios de la extensión del espejo de agua y de las coberturas vegetales en su ronda hídrica, así como en el interior del espejo de agua y la aparente disminución de su diversidad faunística y florística.

Aquí es donde la investigación logra su propósito, pues permite reconocer los elementos de la transición que ha estado viviendo el humedal Toqui-Toqui al determinar algunos de los factores antrópicos que ocasionan su deterioro, incluidos las acciones sobre el ecosistema que

han generado afectaciones directas sobre su estructura biológica y las actuaciones administrativas ambientales y de gobierno local que de igual manera han propiciado esta situación.

Al reconocer dichos factores con claridad, y consistentes con los hallazgos de la investigación, se proponen al final del trabajo algunos lineamientos de recuperación y conservación que permitan salvaguardar este territorio de su deterioro inminente.

1. Problemática de la Investigación

1.1. Características Ambientales del Humedal Toqui-Toqui y su Área Circundante

Se toma aquí como referencia principal el documento “Plan de Manejo Ambiental del Humedal Toqui-Toqui” (Cortolima, 2010) —nombrado en adelante como PMA—, del cual se extraen aspectos de las condiciones biofísicas del ecosistema relevantes para la comprensión del presente estudio. Asimismo se contó con una versión actualizada del mismo Plan que corresponde al año 2016 para aspectos sociales relacionados con la historia del humedal.

El humedal Toqui-Toqui se encuentra a una altitud de 250 msnm. Sus aguas son tributarias del río Guarapo que pertenece a la cuenca hidrográfica del río Totare que a su vez está dentro de la cuenca media del río Magdalena. Comprende un área inundable de 23 ha aproximadamente. Los límites presentados en el PMA son: “Al Norte con predios de la Empresa Comunitaria El Porvenir; al Sur con predios de la señora Gloria Góngora; al Oriente con la hacienda La Esmeralda y al Occidente con la hacienda La Montaña” (Cortolima, 2010, p. 31).

El PMA realiza una clasificación del ecosistema en los términos que recomiendan la Convención Ramsar y la Política Nacional para Humedales Interiores de acuerdo con cinco niveles jerárquicos: (a) ámbito, (b) sistema, (c) subsistema, (d) clase, y (e) subclase; en este sentido, el humedal Toqui-Toqui se clasifica en el Ámbito: interior; Sistema: lacustre; Subsistema: permanente; Clase: (no se define en el PMA); Subclase: lagos dulces permanentes (Cortolima, 2010).

En cuanto a la geología y geomorfología de los suelos que componen la zona del humedal, estos se encuentran en su mayoría en una unidad de roca Grupo Honda por localizarse en cercanías del municipio del mismo nombre, la cual está conformada por areniscas y está cubierta por depósitos de materiales aluviales y volcánicos no consolidados transportados por el arrastre de corrientes fluviales (Cortolima, 2010).

En cuanto a la cobertura vegetal, se encuentran bosques de galería y ripario, bosques fragmentados, cultivos de arroz, pastos limpios, pastos arbolados; cobertura que está interrumpida por una zona de explotación minera de hidrocarburos (Cortolima, 2010).

La temperatura ambiental tiene un promedio anual de 24°C y la precipitación oscila entre los 1.000 y 2.000 mm en un sistema de lluvias bimodal. Dadas las características anteriores el ecosistema se identifica como Bosque Seco Tropical (bs-T) según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (Cortolima, 2010).

En relación al componente biótico se lograron identificar 38 géneros de fitoplancton. En cuanto a flora se reportaron 40 especies, con 281 individuos, para los cuales se reportaron sus posibles usos medicinales, alimenticios, artesanal, industrial, sombríos, cercos vivos, forrajero, ornamental, sostenimiento de fauna, entre otros (Cortolima, 2010). En el PMA no se registran especies de flora amenazadas.

Las plantas acuáticas (macrófitas acuáticas) que se reportan son de dos especies: lechuga y buchón de agua, consideradas plantas invasivas y malezas por su rápido crecimiento, por cambiar las condiciones del agua e imposibilitar la penetración de la luz solar, lo que afecta a otras plantas y a los peces; a su vez se reseña su capacidad como depuradoras del agua y alimento para animales (Cortolima, 2010).

En cuanto a la fauna del lugar, el documento reporta la presencia de cinco clases de zooplancton en el ecosistema, entre los que destacan aquellos con características de tolerancia al cambio en los factores ambientales, amplia tolerancia a la turbidez y adaptaciones tróficas. En cuanto a los insectos (macroinvertebrados) se observa que la mayor abundancia está referida a los órdenes Diptera y Haplotaaxida que comprenden insectos complejos de amplia distribución mundial y gran adaptabilidad a diversos hábitats y cargas de materia orgánica (Cortolima, 2010).

La información recolectada sobre los macroinvertebrados es empleada para clasificar la calidad del ecosistema, esto debido a la característica que posee este tipo de organismos de adaptarse a unas condiciones específicas; por lo tanto, al cambiar estas condiciones ambientales

la estructura de las comunidades formadas por los organismos también varía. Así se logra definir que la calidad del ecosistema acuático a esa fecha resulta ser “buena” (Cortolima, 2010, p. 105).

En cuanto a las especies de peces se reportan un total de 17, 5 de ellas con interés comercial y 1 de ellas con algún grado de amenaza. Según el documento su importancia deriva principalmente de la disponibilidad para el consumo local (Cortolima, 2010).

El mismo informe presenta 8 especies colectadas de anfibios y 4 de reptiles; las especies de ranas se encuentran directamente asociadas a una primera etapa de vida en el medio acuático, y otras de gran capacidad de adaptación que pueden soportar ambientes degradados o con intervenciones humanas; asimismo, se presentan algunas iguanas, lagartos y caimanes. La poca presencia de serpientes puede estar relacionada con prácticas de sacrificio (Cortolima, 2010).

Se presenta también una gran diversidad de aves, ya que se reporta un total de 78 especies y 2.778 individuos; se destacan las llamadas aves acuáticas, lo cual se puede deber a su dependencia con el humedal, pero además a su amplia distribución en Colombia. Estas especies de aves acuáticas se consideran de prioridad en conservación en el bosque seco tropical del Tolima (Cortolima, 2010).

Con relación a los mamíferos el informe declara que no se realizó muestreo sino que se acudió a fuentes de información secundaria con el fin de definir una posible riqueza potencial de mamíferos no voladores en la zona, la cual debería ser corroborada con muestreos de campo largos; la exploración bibliográfica que al respecto realizó la entidad, arrojó un número de 23 especies potenciales de habitar el humedal y sus áreas circundantes, a la vez que advierte de indicios y evidencias de presencia de mamíferos en la zona, tales como 4 especies de chuchas de las más comunes y 2 especies de marsupiales que habitan comúnmente áreas húmedas; asimismo, se presume la presencia de otras especies de mamíferos pequeños que se adaptan a los ambientes con alta presencia humana, y una amplia distribución de murciélagos frugívoros, agentes polinizadores del bosque tropical, así como algunos insectívoros. El informe advierte la alta probabilidad de que en la zona se encuentren mamíferos medianos y grandes lo que le

confiere gran importancia ecológica por cuanto la condición del humedal aún puede permitir el desarrollo de especies herbívoras y carnívoras (Cortolima, 2010).

La calidad del agua es un tema que también se aborda dentro del PMA por cuanto es uno de los determinantes en la distribución y abundancia de los organismos. En este sentido, el estudio realiza un análisis de las características físico-químicas y microbiológicas del agua encontradas en este sistema léntico en particular y lo compara con valores de referencia expuestos por autores de la limnología tropical para Colombia; se concluye que el agua del humedal Toqui-Toqui presenta una calidad media de acuerdo con la medición del Índice de Calidad del Agua (ICA), evidenciando fuertes procesos de intervención antrópica (Cortolima, 2010).

1.2. Descripción del Problema

Como es sabido, los humedales son ecosistemas de gran importancia para la vida en el planeta debido a los servicios ecosistémicos que proporcionan: suministro de agua, regulación hídrica, almacenamiento de carbono, ciclo de nutrientes, biodiversidad, entre otros (Vilardy et al., 2014). Según los datos expuestos por la Convención Ramsar sobre los Humedales (Ramsar, 2015), se calcula que la extensión mundial de los humedales disminuyó entre un 64% y un 71% en el siglo XX y que la pérdida y degradación de los humedales continúa en todo el mundo. Debido a esta pérdida y degradación, las personas y comunidades se ven privadas de los servicios que proporcionan estos ecosistemas. Se calcula también que los cambios adversos en los humedales, incluidos los arrecifes de coral, tienen como resultado la pérdida anual de servicios de los ecosistemas por valor de más de 20 billones de dólares de los Estados Unidos (Ramsar, 2015).

Colombia tiene cerca de 20 millones de hectáreas de humedales representados por ciénagas, pantanos y turberas, madre viejas, lagunas, sabanas y bosques inundados, los cuales proveen múltiples bienes y servicios para el desarrollo de las actividades económicas, así como para las comunidades locales (Ministerio de Ambiente, 2002). Sin embargo, son muchos los factores que alteran la dinámica natural de estos ecosistemas en nuestro país, como el hecho de

que no sean reconocidos como tales por parte de la población, la cual en general desconoce la oferta de servicios que los humedales ofrecen y que generan su bienestar.

Según el “Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Mayor del Río Totare” (Cortolima, 2015) los humedales más importantes del departamento del Tolima son: el complejo lagunar de alta montaña del Parque Nacional Natural Los Nevados; el embalse del río Prado, en las tierras bajas de la cordillera oriental; y la zona del Valle del Alto Magdalena, que contiene el complejo lagunar del Chorrillo, varias lagunas artificiales en la meseta de Ibagué y el humedal de Coya. En este Valle del Alto Magdalena y como parte de la cuenca del río Totare se encuentra ubicado el humedal Toqui-Toqui.

Pero, pese a que las condiciones propias del departamento de Tolima favorecen este tipo de ecosistemas, estos se encuentran amenazados y su deterioro es acelerado, no solo en disminución de área, sino también en la pérdida de sus características por las afectaciones directas o indirectas de cada uno de sus componentes (Cortolima, 2013).

Existen, particularmente, humedales que presentan alto grado de intervención debido a las actividades antrópicas que se desarrollan en ellos y a los cuales no se les concede casi importancia porque su área no es representativa. Este es el caso del humedal Toqui-Toqui, el cual pasó de ser en el pasado un ecosistema conservado, a estar altamente deteriorado en la actualidad. Así, en el área cercana a este humedal se realizan actividades productivas de manera inapropiada, como ganadería con expansión de potreros, agricultura y actividades petroleras, generando deterioro, disminución de cobertura vegetal y del área del humedal, provocando la pérdida de biodiversidad y posible pérdida del espejo de agua. Esta situación la refiere el informe técnico “Identificación, Caracterización, Zonificación y Plan de Manejo del Humedal Toqui-Toqui - Municipio de Piedras - Departamento del Tolima”, elaborado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA, s.f.) y corroborado en esta investigación gracias al uso de imágenes satelitales disponibles para los últimos 48 años.

Aunque el humedal Toqui-Toqui cuenta con un plan de manejo —el de 2010 actualizado en 2016—, su no aplicación cabal y la continua ejecución de actividades agropecuarias e

industriales en el lugar, no compatibles con el uso potencial del suelo, siguen agravando su deterioro. Además, si bien la autoridad ambiental del departamento —Corporación Regional Autónoma del Tolima (CORTOLIMA)— y la Procuraduría Ambiental del Tolima instauraron procesos sancionatorios contra los propietarios de los predios cercanos al humedal y las empresas petroleras (Cortolima, 2010), estas medidas parecen ser insuficientes y el problema continúa; a esto se suma el desconocimiento de los atributos de esta zona de vida por parte de la población, lo cual puede terminar generando la pérdida total de este ecosistema.

Si, como se dijo anteriormente el humedal Toqui-Toqui no es de mayor envergadura —de hecho cuenta con una extensión de 423,36 ha que cubren la zona del espejo de agua y las áreas circundantes, lo cual comparado con otros ecosistemas de este tipo no lo hace el más representativo—, esto no justifica su deterioro y pérdida. Aspectos específicos sobre la elección del área de estudio se presentarán detalladamente en la sección de Metodología.

1.3. Actores Asociados al Estudio

Los actores relevantes asociados a la problemática son los propietarios de cuatro predios que hacen parte de la ronda del humedal y otros pobladores de la zona; asimismo, la empresa de petróleo Ecopetrol S.A., los estamentos del gobierno local del municipio de Piedras, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), Cortolima como autoridad ambiental regional de la zona, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, y el Instituto de Estudios Ambientales y Meteorológicos (IDEAM). Mayores precisiones sobre estos actores se realizarán en el apartado correspondiente a la Metodología del estudio.

1.4. Pregunta de Investigación

Dada la problemática descrita, surge la pregunta: ¿De qué manera las actividades antrópicas sobre el humedal Toqui-Toqui han influido en su deterioro ambiental durante los últimos 48 años?

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Determinar la incidencia en los últimos 48 años (1969-2017) de las actividades antrópicas sobre las coberturas vegetales y el espejo de agua en el humedal Toqui-Toqui localizado en la vereda Manga de los Rodríguez en el municipio de Piedras, departamento del Tolima.

2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar los cambios de la cobertura vegetal y la extensión del espejo de agua del humedal Toqui-Toqui a través del análisis de imágenes digitales durante 48 años.
- Contrastar los cambios ambientales observados en el análisis multitemporal, las actividades antrópicas que se reportan en el plan de manejo ambiental y las observaciones directas, para la comprensión de interrelaciones.
- Identificar estrategias que aporten posibilidades de restauración del humedal Toqui-Toqui como soporte de su sostenibilidad.

3. Justificación

Los humedales hacen parte esencial de la vida y la cultura de los pueblos colombianos por cuanto de ellos deriva parte de su accionar cotidiano, el sustento de comunidades enteras y el usufructo de los bienes y servicios proporcionados por ellos; estos vínculos también están asociados a la modelación que hacen las aguas y en especial los humedales a los territorios (Vilardy et al., 2014).

Los humedales pueden interpretarse como un sistema socioecológico donde intervienen diferentes actores, factores biofísicos y socioeconómicos para producir una estructura dinámica, donde los factores se mueven en diversas escalas desde lo local, nacional e internacional, intercambiando energías y materiales, dimensiones éticas, visiones y sistemas de conocimiento diversos (Vilardy et al., 2014). Así considerados, la comprensión de estos ecosistemas debe hacerse desde una visión compleja por cuanto en ellos confluye un conjunto de elementos que son en parte independientes y en parte interdependientes. Las características que proponen Vilardy et al. para comprender la complejidad de dichos sistemas son:

1. Presentan dinámicas no lineales que implican entender la presencia de umbrales de cambio - incertidumbre, y procesos de retroalimentación.
2. Tienen propiedades emergentes.
3. Sus dinámicas están marcadas por jerarquías a múltiples escalas que pueden funcionar desde las superiores hasta las inferiores, pero también al contrario.
4. Cuentan con capacidad de auto organización (son adaptativos) y, por lo tanto, capacidad de resiliencia, que es el atributo que permite absorber el cambio y adaptarse (2014, p. 27).

Es decir, que el todo es más que la suma de sus partes y es en este sentido que la comprensión de los humedales debe de alejarse de una visión unidireccional y simplista; por lo cual, para la gestión, es necesario conocer los flujos económicos y socioculturales, de materiales,

energía e información que operan en diversas escalas, incorporando la incertidumbre como un factor clave en la comprensión de su comportamiento.

Uno de los retos más importantes para la gestión integral de los humedales en Colombia es la articulación de las políticas ambientales y de otros sectores con las normas, articulación en la que se nota un gran desbalance entre lo que plantean las directrices nacionales e internacionales, con lo que se planifica y ejecuta a nivel local, lo que se evidencia en el humedal Toqui-Toqui. Al respecto de dicha articulación afirman Vilarity et al. (2014):

A escala local se hace evidente el desbalance entre lo que se planifica y su aplicación a la realidad cuando, por ejemplo, se formulan los planes de manejo de humedales (en los cuales las CAR invierten gran cantidad de recursos), pero en la gran mayoría de los casos, la ejecución de los proyectos allí planteados es inviable, principalmente por motivos económicos (p. 31).

Hay indicios claros de que el humedal Toqui-Toqui está siendo sometido a presiones tales que a lo largo del tiempo han logrado incidir de manera negativa en su espejo de agua, disminuyendo su extensión y perdiendo su vegetación por actividades antrópicas, lo que supone una afectación para el desarrollo local de la comunidad del municipio de Piedras por cuanto esta situación conlleva un daño, no solamente ecológico, sino también sociocultural y económico; razón por la cual la presente investigación se justifica, pues genera conocimiento en estos aspectos, proporcionando información asociada a los cambios de la cobertura vegetal y disminución del espejo de agua, permitiendo identificar causales y generar nuevas alternativas para el manejo y la toma de decisiones por parte del gobierno local y de los demás actores involucrados en acciones de control, restauración y conservación.

4. Marco Teórico

4.1. Antecedentes

El Convenio de Ramsar firmado en 1971 brinda bases para determinar la gestión sostenible de los humedales, reconociendo su valor ecosistémico y socioeconómico. Sin embargo, el esfuerzo no ha sido suficiente: “La superficie de los humedales que se ha perdido en todo el mundo oscila entre un 30% y un 90%, dependiendo de la región que se analice” (Junk et al., 2013, citados por Ramsar, 2015, p. 2).

Colombia, a finales de la década de los 80 y principios de los 90 del siglo anterior empezó a dar los primeros pasos para la conservación de sus humedales. 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 de dicho Ministerio se creó una dependencia específica para el tema de humedales. En 1996, esta dependencia generó un documento preliminar de lineamientos de Política para varios ecosistemas, incluyendo los humedales. En 1997, el Ministerio realizó una consultoría con el Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt con el fin de establecer las bases técnicas para la formulación de una política nacional de estos ecosistemas acuáticos; los resultados de dicha consultoría se recogen en la publicación “Humedales Interiores de Colombia, Bases Técnicas para su Conservación y Desarrollo Sostenible”. También el Ministerio realizó en 1999 un estudio que identificó las prioridades de gestión ambiental de varios ecosistemas, entre ellos los humedales. Todos estos estudios permitieron finalmente la implementación y desarrollo de la política nacional para humedales interiores (Minambiente, 2002a).

En el plano internacional, el Ministerio del Medio Ambiente realizó 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, cuando entró en vigencia (Minambiente, 2002b).

En la Resolución 196 de 2006, Colombia adoptó la “Guía Técnica para la Formulación de Planes de Manejo para Humedales”, en especial para aquellos humedales de importancia internacional y otros humedales (Minambiente, 2006).

Por su parte, en el plano regional el departamento de Tolima realizó por primera vez en el año 2010 la “Identificación, caracterización, zonificación y plan de manejo del complejo de humedales naturales en el valle cálido del Magdalena” con el propósito de recuperarlos, protegerlos y conservarlos, dándoles un uso sostenible; en este documento se identificaron 19 humedales representativos y de alta importancia, los cuales conforman un complejo con características ambientales, físicas, biofísicas y socioeconómicas definidas por la génesis del valle cálido del Magdalena en jurisdicción del departamento, originados principalmente por las formas del relieve, geoformas constituidas generalmente por pequeñas colinas y terrazas de baja altura (Cortolima, 2010).

Dentro de este estudio se describe el conjunto de humedales identificados y distribuidos en 12 municipios del departamento, dentro de los cuales se incluye el humedal Toqui-Toqui y se menciona que este humedal tiene espejo de agua permanente aun en épocas de verano, con presencia de fauna y flora y en el cual se desarrollan actividades agrícolas, ganaderas y de hidrocarburos (Cortolima, 2010). Como ya se señaló, este documento fue actualizado en el 2016 y en él se generaron tres programas para la conservación del humedal, los cuales se comenzaron a desarrollar en el año 2017 con algunos resultados que se revisarán en el presente estudio.

El documento especifica que el humedal se encuentra entre predios privados, lo que lo hace vulnerable a la explotación con las actividades de agricultura y ganadería como fuentes de ingresos económicos y forma de ocupación dominante en la comunidad, y de igual manera que se desarrollan en él actividades de extracción de petróleo correspondientes a pozos de perforación cercanos al humedal realizadas por la empresa Ecopetrol S.A. para el proyecto denominado Campo Toqui-Toqui (Cortolima, 2010).

En efecto, el año 1995, a través de la Resolución 319 del 3 de abril, el Ministerio de Medio Ambiente había otorgado una “Licencia Ambiental Global Ordinaria a la Compañía

American International Petroleum Corporation Of Colombia, para el proyecto denominado Campo Toqui-Toqui, localizado al norte del Departamento del Tolima” (ANLA, 2015, p. 1). Posterior a la licencia se realizaron cambios menores, modificaciones de la misma y cambios en la razón social. En febrero de 2015 a través de la Resolución 174 del 17 de febrero de 2015 la ANLA señala:

Esta Autoridad aceptó la cesión parcial a la empresa Ecopetrol S.A., de los derechos y obligaciones derivados para la licencia ambiental otorgada mediante la Resolución 319 del 3 de abril de 1995 para la cual se otorgó Licencia Ambiental Global Ordinaria a la Compañía American International Petroleum Corporation Of Colombia posteriormente denominada InterOil Colombia Exploration And Production, para el proyecto: “Campo Toqui-Toqui”, localizado al norte del departamento del Tolima y sus respectivas modificaciones y requerimientos. (ANLA, 2015, p. 1).

En julio de 2015 la ANLA realizó visita de seguimiento al proyecto Campo Toqui-Toqui cuyo titular de la licencia y responsable de sus modificaciones y requerimientos es la empresa Ecopetrol S.A.; dicho seguimiento fue efectuado en atención a las solicitudes realizadas por la autoridad ambiental del Tolima, la Procuraduría Ambiental del Tolima y la comunidad dado el estado de deterioro del humedal presumiblemente ocasionado por las actividades petroleras, agrícolas y ganaderas que se realizaban en él y en zonas aledañas.

El concepto técnico de la ANLA en julio de 2015 posterior a la visita, dio como resultado la Resolución 1265 del 8 de octubre de 2015 por la cual se impusieron medidas ambientales adicionales al titular de la licencia, Ecopetrol. Estas medidas se relacionan a continuación:

- Plano georreferenciado en donde se ubique la Laguna Toqui-Toqui, así como la distribución de las locaciones y todos los pozos perforados a su alrededor.
- Estado mecánico de cada uno de los pozos perforados en cercanías a la laguna Toqui-Toqui, pertenecientes a los campos que conforman el área de desarrollo Bloque Pull.

-Análisis multitemporal donde se evidencie la fluctuación del espejo de agua de la laguna Toqui-Toqui, anexando metodología de trabajo utilizada, tipo de imágenes interpretadas y un informe escrito de las variaciones de ésta a través del tiempo.

-Análisis multitemporal de la hidrología de los tributarios y laguna Toqui-Toqui (ANLA, 2015, p. 3).

La respuesta a los requerimientos anteriores no se presenta en esta investigación dado que no se logró la entrega de la información por parte de la autoridad de licencias ni por la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) del municipio de Piedras.

4.2. El Concepto de Humedal

Los humedales son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y de la vida vegetal y animal asociada a ellos. Los humedales se dan donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas. La Convención Ramsar aplica un criterio amplio a la hora de determinar qué humedales quedan sujetos a sus disposiciones. Con arreglo al texto de la Convención, en su Artículo 1.1 se entiende por humedales:

Las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Ramsar, 2016, p. 9).

A efectos de proteger los sitios adyacentes, el Artículo 2.1 estipula que los humedales que se incluirán en la Lista de Ramsar de Humedales de Importancia Internacional “podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal” (Ramsar, 2016, p. 10).

4.2.1. Principales tipos de humedales.

En general, según la Convención Ramsar se reconocen cinco tipos de humedales principales: (a) Marinos (humedales costeros, inclusive lagunas costeras, costas rocosas y arrecifes de coral); (b) Estuarinos (incluidos deltas, marismas de marea y manglares); (c) Lacustres (humedales asociados con lagos); (d) Ribereños (humedales adyacentes a ríos y arroyos); y (e) Palustres (es decir, “pantanosos” - marismas, pantanos y ciénagas) (Ramsar, 2006). Como ya se señaló, el humedal Toqui-Toqui se considera de tipo lacustre con una conexión a la cuenca mayor del río Totare.

En el departamento de Tolima las zonas húmedas de origen natural representadas por aproximadamente 482 lagunas, lagos, pantanos, turberas y humedales ocupan en forma aproximada una superficie de 1.116 ha (Cortolima, 2010), dentro de la cual se ubica el humedal Toqui-Toqui.

4.2.2. Clasificación de los humedales interiores.

Herrera, Sepúlveda, & Aguirre (2008) plantean una clasificación de los humedales interiores de Colombia basada en lo descrito en la Convención Ramsar Anexo 1, atendiendo entre otros criterios a la ubicación del cuerpo de agua, la altura sobre el nivel del mar y la temperatura como determinantes de la zona de vida, al tamaño y profundidad del mismo y a las conexiones con otros sistemas hidrológicos. Los autores establecen las siguientes categorías y características:

- *Lagos y lagunas:* ubicados en la Zona Andina entre los 1.000 y 4.600 msnm. Allí se incluyen los correspondientes a ecosistemas de páramos y subpáramos con baja productividad primaria y baja biodiversidad. Se caracterizan además por tener áreas pequeñas menores a los 100 m² y poca profundidad. También se incluyen aquellos humedales ubicados entre los 1.000 msnm y 3.000 msnm donde a su vez se incluyen

aquellos embalses artificiales, lagos y lagunas con bajos a medios niveles de nutrientes disueltos en sus aguas.

- *Ciénagas*: humedales que se conectan a los ríos por canales estrechos los cuales tienen forma de meandros y están relacionados con los ciclos de inundación de sistemas hidrológicos. Estos se ubican en los 1.000 msnm entre las partes bajas de los ríos Atrato, San Jorge, Sinú, Cauca y Magdalena conformando la más importante área cenagosa del país.
- *Pantanos de agua dulce y turberas*: aunque algunos autores incluyen las ciénagas en esta categoría, sin embargo conviene diferenciarlos ya que los pantanos y turberas se forman principalmente por la saturación del nivel freático en depresiones del terreno. Estos se ubican principalmente en la zona de la Orinoquía colombiana en las planicies aluviales y altillanuras. Sin embargo, también se incluyen en esta categoría las charcas y los ojos de agua que se distribuyen por todo el país.
- *Llanuras y bosques inundables*: producidos por la inundación de los ríos a lo largo de los valles y en las sabanas. Muchas veces estos se conectan a ciénagas y pantanos, con gran dinamismo energético y de biomasa.

4.2.3. Funciones de los humedales interiores.

Como lo plantea la Política Nacional de Humedales Interiores de Colombia (Minambiente, 2002a), los humedales han estado asociados a la cotidianidad de los humanos a lo largo de su historia, debido a factores como la provisión de alimentos hasta la edificación sobre los mismos. La relación con ellos ha estado centrada en la extracción de sus bienes y servicios. Actividades como la minería, la pesca, la agricultura extensiva, han sido comunes en los espejos y riberas de los mismos sin tomar muchas veces en cuenta la necesidad de su protección o por lo menos su uso racional. Estos ecosistemas, sin embargo, concentran una gran riqueza de biodiversidad, con una fauna y flora que muchas veces es restrictiva de estos ecosistemas.

La Política hace mención a que el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt ha desarrollado una categorización de las funciones del humedal según

autores como Hecker (Minambiente, 2002a) que conlleva a la valoración de dichos ecosistemas desde tres aspectos: (a) funciones, (b) productos, y (c) atributos.

En cuanto a las *funciones* se enumeran las siguientes: recarga y descarga de acuíferos, control de flujos, retención de sedimentos, tóxicos y nutrientes, estabilización de la línea costera, protección contra tormentas, transporte acuático, soporte de cadenas tróficas, hábitat para fauna silvestre y recreación activa y pasiva.

Dentro de los *productos* se señalan: recursos de vida silvestre, peces, especies de flora forrajera, árboles, cultivos agrícolas y fuentes de agua para conservación.

Y como *atributos* de dichos ecosistemas la Política señala que son una fuente de diversidad biológica y cultural e histórica (Minambiente, 2002a).

4.2.4. Servicios ecosistémicos de los humedales.

La Secretaría de la Convención Ramsar (2018) plantea un conjunto de funciones ecológicas que provienen de los ecosistemas de humedales y que conviene valorar para la comprensión de la dinámica de los mismos:

- Control de inundaciones
- Reposición de aguas subterráneas
- Estabilización de costas y protección contra tormentas
- Retención y exportación de sedimentos y nutrientes
- Depuración de aguas
- Reservorios de biodiversidad
- Productos de los humedales
- Valores culturales
- Recreación y turismo
- Mitigación del cambio climático y adaptación a él.

Los humedales prestan estos servicios de manera diferenciada según su ubicación geográfica, clase y tamaño. Comúnmente los servicios ecosistémicos que presta un humedal

protegido son valorados económicamente como mayores frente a la destinación de las áreas en otros usos intensivos de la tierra. Esto principalmente porque los usos intensivos generan beneficios para unas pocas personas, contrario a lo que sucede en el primer caso donde los beneficios se comparten con una gran población.

Es decir que actividades como el drenaje de pantanos para uso agrícola, el uso pesquero insostenible de lagos y lagunas y cualquier otra actividad que represente la pérdida de este tipo de ecosistemas representan a mediano y largo plazo la pérdida de sus beneficios, por lo cual carecen de sentido desde las perspectiva de la sostenibilidad mundial (Secretaría de la Convención Ramsar, 2018).

4.2.5. Caracterización de las coberturas de tierra.

La caracterización de coberturas de tierra adoptada para Colombia es la determinada por la metodología CORINE Land Cover que contempla la caracterización de suelos por niveles, a partir de la captura de datos numéricos y geográficos a escala 1:100.000 sobre la cobertura y uso del territorio mediante la interpretación de imágenes recogidas por satélites LandSat y SPOT (IDEAM, 2010). Estos niveles son:

- *Nivel 1.* Zonas húmedas: coberturas constituidas por terrenos anegadizos, inundables temporalmente y parcialmente cubiertos de vegetación acuática, localizados en los bordes marinos y al interior del continente.
- *Nivel 2.* Áreas húmedas continentales: diferentes tipos de zonas inundables, pantanos y terrenos anegadizos donde el nivel freático está a nivel de piso temporal o permanentemente.
- *Nivel 3.* Zonas pantanosas: tierras bajas que están inundadas durante la mayor parte del tiempo. Pueden incluir áreas de inundación y divagación de ríos, antiguas o actuales y depresiones donde el nivel freático aflora naturalmente con fondos cenagosos. Estos

tienen una cobertura parcial con vegetación acuática que no supera el 30% del área del pantano y una extensión máxima de 25 ha. Aquí se incluyen pantanos colindantes con lagunas y ciénagas asociadas a ríos conectados o no entre sí, pantanos en transición o no con vegetación herbácea de juncos, cañas, sauces, alisos y plantas acuáticas (IDEAM, 2010).

Para la presente investigación las tierras con bosques que circundan las áreas húmedas del humedal Toqui-Toqui se caracterizan siguiendo la misma metodología propuesta por el IDEAM:

- Nivel 1. Bosques y áreas seminaturales: es un conjunto que comprende especies boscosas, arbustivas y herbáceas que se desarrollan sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales en donde también se incluyen áreas con procesos de degradación naturales o inducidos.
- Nivel 2. Bosques: comprendido por áreas naturales o seminaturales constituidas por árboles de especies nativas o exóticas; aquí también se incluyen otras formas vegetales tales como la palma y la guadua. Para el caso se considera que los bosques son determinados por la presencia de árboles de cinco metros o mayores.
- Nivel 3. Bosques de galería y ripario: se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea en márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Está limitado por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas; las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario.

4.2.6. Transformaciones ambientales sobre los humedales.

La continua transformación que han venido sufriendo los humedales en Colombia ha generado una profunda huella que se refleja en el cambio de los ciclos hidrológicos locales y regionales. Esto a su vez ha influido en las relaciones sociales y culturales entre los usuarios del agua. Las afectaciones se relacionan con tres factores: (a) calidad del agua, (b) estructura física, y (c) comunidades bióticas que los habitan.

El libro del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt *Colombia Anfibia, Volumen II* plantea que dichas transformaciones “varían según el tipo de humedal, la frecuencia e intensidad de la presión” (Jaramillo, Cortés-Duque, & Flórez, 2016, p. 34). Este deterioro se puede magnificar por la suma de las pequeñas transformaciones que se den en el ecosistema y que tengan conectividad entre sí con la cuenca, por lo cual toda propuesta de recuperación de estos ecosistemas debe abordarse integrando el paisaje; entendiendo los daños puntuales, pero revisando las sinergias que se producen por la suma de ellos, lo cual puede conllevar a la magnificación de los mismos.

Colombia Anfibia advierte, además, que las transformaciones sobre áreas de humedales se deben en mayor medida a las actividades ganaderas, agrícolas y de deforestación, mayores causantes del daño; seguidas por las quemadas, la urbanización, la desertificación, minería, plantaciones forestales e infraestructura. En el análisis que hace el Instituto del deterioro de las áreas de humedales relacionado con actividades antrópicas, sobresale el hecho de que alrededor del 24% de las zonas que tienen esta característica o que evidencian la existencia de un humedal en el pasado han sufrido transformaciones recientes. Esto es especialmente aplicable en la zona centro-occidente del país. Además plantea una relación marcada entre las áreas de humedales transformadas y los fenómenos de asentamientos de comunidades empobrecidas sobre estas áreas, especialmente en el sector urbano (Jaramillo et al., 2016).

Los impulsores de cambio que han impactado de manera más determinante los humedales en Colombia son de cuatro tipos: (a) transformación y pérdida de ecosistemas y hábitats, (b) sobreutilización del suelo, (c) contaminación hídrica, y (d) demanda hídrica. El estudio del Instituto von Humboldt plantea que para el caso específico de las coberturas de tierra de pantanos y las de bosque en galerías y ripario estas zonas tienen una presión muy alta por actividades ganaderas, agrícolas y mineras las cuales se asocian directamente a los impulsores de dicha transformación (Jaramillo et al., 2016).

En cuanto a la contaminación hídrica referida es importante señalar que esta se relaciona directamente con la aparición de vegetación acuática sobre el espejo de agua desencadenando el deterioro por la acumulación de nutrientes, lo que conlleva a que un río, un lago o un embalse sufran eutrofización. Aunque podría parecer benéfico que las aguas presenten sobreoferta de nutrientes, no es así, pues en realidad genera el crecimiento en abundancia de las plantas (como la vegetación acuática del espejo de agua) y de otros organismos que al morir se descomponen bajo el agua generando demanda y agotamiento del oxígeno disuelto, lo que conlleva a una condición séptica en la fuente. La pérdida del oxígeno hace que se pierdan la mayor parte de los seres acuáticos y el ecosistema se deteriora aceleradamente (Minambiente, 2015).

4.2.7. Gestión ambiental de humedales en Colombia.

En 2014 se realizó el “Simposio taller de expertos. Construcción colectiva de criterios para la delimitación de humedales: retos e implicaciones del país”. Allí, Brigitte LG Baptiste, directora del Instituto von Humboldt, planteó una serie de reflexiones que se consideran claves para comprender la importancia de hacer una gestión integral de estos ecosistemas en Colombia: “Cuando hablamos de humedales, hablamos de agua y cuando uno habla de delimitar estos ecosistemas pareciera que, de alguna manera, hiciéramos referencia a controlar y limitar los movimientos de este preciado líquido” (Cortés & Rodríguez, 2014, p. 13). Haciendo alusión a la dificultad que ha representado para el humano adaptarse a estos ecosistemas por lo menos después de la llegada de los españoles a tierras colombianas, la directora del Instituto considera que se ha generado una relación desarmónica, una guerra con los humedales que conlleva la idea “de secarlos, de acabarlos y controlarlos” (Cortés & Rodríguez, 2014, p. 15), y que se hace evidente que no hemos logrado adaptarnos a los fenómenos de la Niña y del Niño mientras que los pobladores antiguos tenían otra relación con estos fenómenos por su capacidad de aceptar que “simplemente así era el mundo” (Cortés & Rodríguez, 2014, p. 15).

Baptiste agrega: “Insisto en que vivimos en el país equivocado, o pensamos en el país equivocado y ese sigue siendo nuestro principal problema histórico que subyace a la guerra porque cada uno continúa peleando contra el territorio” (Cortés & Rodríguez, 2014, p. 15). En el sentido de la visión generalizada acerca de que los pantanos, ciénagas y humedales han sido un impedimento para el desarrollo por lo cual el avance se centra en términos de la construcción de un desierto, afirma: “Estamos siendo absurdos” (p. 15). La directora de Instituto plantea que esas batallas han dejado una gran cantidad de víctimas como por ejemplo “miles de personas en la pobreza que viven y dependen de la pesca, que viven de actividades relacionadas con el ciclo

hidrológico y el ciclo ecológico de los humedales en Colombia” (p. 15); y afirma también que el conflicto no se resuelve en una conversación entre los humanos sino más bien “escuchando al agua, a la tierra y a aquellos que insisten en que una transformación ecológica radical del país, es el camino para alcanzar aquello que se llama desarrollo” (p. 15), haciendo alusión a que la delimitación que requieren los humedales no debe partir de la sed de recursos alrededor de estos, sino de un cambio de perspectiva acerca de los ecosistemas.

De otro lado, Colombia retoma lo pactado en la Convención Ramsar para generar las estrategias de conservación de humedales que parten de la realización del inventario y caracterización que describe el humedal, identifica el valor, estatus y amenazas, para continuar con la evaluación y el monitoreo; en el monitoreo se recolecta la información clave para el manejo y toma decisiones partiendo de las hipótesis de la evaluación; la delimitación se realiza en las fases de inventario y caracterización (Vilardy, 2014).

En este sentido, la Resolución 157 de 2004 expedida por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente), plantea que es potestad de las autoridades ambientales regionales y centros urbanos la delimitación de los humedales de importancia en cada una de las regiones. Ya el artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974 había definido, frente a las áreas de cuerpos de aguas, que estas son bienes inalienables e imprescindibles del Estado, salvo los derechos adquiridos por particulares:

El álveo o cauce natural de las corrientes, el lecho de los depósitos naturales del agua, las playas marítimas, fluviales y lacustres; una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos; hasta de treinta metros de ancho; Las áreas ocupadas por los nevados y los cauces de los glaciares; Los estratos o depósitos de las aguas subterráneas (Colombia Presidencia de la República, 1974).

Resulta entonces claro que es obligación del Estado la definición y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental relacionados con los humedales tanto a nivel nacional como

regional y local, tal como lo ha venido realizando con los instrumentos de políticas públicas, documentos técnicos, investigaciones y planes de manejo, entre otros.

4.2.8. Restauración ecológica de humedales.

Como se mencionó anteriormente las afectaciones de los humedales son variadas y de diverso origen: natural y antrópico. Cualquier actividad, por sencilla que parezca, puede tener una fuerte influencia dentro de un ecosistema de humedal. Por ejemplo:

Las actividades de preparación del suelo para la implementación de los cultivos afectan la estructura del suelo, y por lo tanto la regulación de la entrada y salida del agua. Además, alteran la relación natural que tienen las especies vegetales con los procesos de retención y aporte de agua a las corrientes (Flórez, 2015, p. 175).

De esta manera, todas las actividades antrópicas sean agrícolas, agropecuarias o petroleras tienen una incidencia en la regulación hídrica al interior de un humedal.

Sin embargo, aunque en el ecosistema se haya producido una alteración importante, es factible que este se recupere por sí solo a través de los mecanismos de autopurificación y autoépesis. Pero en algunas ocasiones se ha producido una irreversibilidad tal que se hace necesario una intervención humana para propiciar su restauración (GREUNAL, 2012).

También es importante tener en cuenta que “es necesario lograr que las comunidades locales se apropien de las labores de restauración para garantizar la continuidad del proceso” (GREUNAL, 2012, p. 19).

A su vez, el Ministerio de Ambiente (2015) plantea que las acciones de restauración para los humedales se deben plantear en tres sentidos: (a) la restauración ecológica, (b) la rehabilitación, y (c) la recuperación del mismo. Dichos enfoques dependen del tipo de intervención, del nivel de degradación del área y del objetivo de restauración.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que el éxito en la restauración también dependerá de los costos, las fuentes de financiamiento, la voluntad política de las instituciones interesadas en la restauración; pero ante todo —se recalca—, de la colaboración y participación de las comunidades locales en los proyectos toda vez que es importante evaluar de manera preliminar la aceptación que tendrán las actividades propuestas al ser desarrolladas (GREUNAL, 2012).

4.3. Ordenamiento Territorial del Municipio de Piedras

El Plan de Ordenamiento Territorial de Piedras Tolima (2011), en su Artículo 30 establece la clasificación del territorio con un área total de 35.517,70 ha, tal como lo muestra la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación del suelo Municipio de Piedras, Tolima

Clase de suelo	Área (ha)	Porcentaje
Urbano (Cabecera y Doima)	104.30	0.29%
Expansión Urbana (Cabecera)	28.10	0.079%
Rural	24855.50	69.98%
Protección	10529.80	29.64%
Total	35.517,70	100%

Fuente: Revisión final POT municipal de Piedras, Tolima, 2011.

Con relación a los suelos de protección, el área que corresponde a esta clasificación es de 10.529,80 ha entre los que se cuentan las áreas de influencia del humedal Toqui-Toqui. Estas zonas son importantes por la prestación de bienes y servicios ecosistémicos, por tal razón otras actividades dentro de estas zonas están restringidas. En la Tabla 2 se muestra la clasificación del suelo del área protegida.

Tabla 2. Clasificación del suelo de protección Municipio de Piedras, Tolima

Zonas de protección	Área (ha)	Porcentaje
Corredor ecológico Río Opia y áreas recreativas	4.20	0.039%
Protección por alta fragilidad	4773.60	45.33%
Ronda de ríos	1903.00	18.07%
Humedales y cuerpos de agua	54.00	0.51%
Bosque protector	3790.50	35.99%
Áreas de utilidad pública de infraestructura de servicios públicos domiciliarios	4.5	0.042%
Total	10.529,80	100%

Fuente: Revisión final POT municipal Piedras, Tolima, 2011.

El humedal Toqui-Toqui y su área de influencia se clasifica en los usos: humedales y cuerpos de agua y bosque protector.

Por su parte, las áreas de reserva y protección especial del municipio las muestra la Tabla 3.

Tabla 3. Áreas de reserva y protección Municipio de Piedras, Tolima

Áreas ecológicas	Áreas prestadoras de servicios	Áreas de recuperación	Áreas de amenazas
-Cerro Mirador. -Lomas de Gibraltar. -Parte alta de la cuchilla la Tabla. -Vertientes altas y medias de las cuchillas el Espejo y la Aburrída. -Humedales naturales y creados a sur y suroriente de la cabecera municipal. -Humedales del sector	-Río Magdalena en el sector de Guataquisito. -Río Opia desde su nacimiento hasta el punto de confluencia con la quebrada Ventanillas. -Río Opia desde el punto de confluencia de la quebrada Ventanillas hasta su desembocadura. -Quebrada Doima -Vertientes disectadas de las quebradas Caimitales,	-Abanico de Ibagué. -Microcuenca de las quebradas Ambiro, Luni, Chipana, Vallecito y La Gorda. -Sectores medios y altos de las veredas de Camao y Campo Alegre. -Abanico de Ibagué sector sur y suroccidental. -Río Chipalo.	-Sectores próximos del río Opia, desde la desembocadura de la quebrada Honda hasta la desembocadura de la quebrada Seca. -Abanico aluvial del río Totare. -Sectores de Guataquisito y Valle aluvial del río Opia, especialmente en los sectores de los balnearios La Fragua y Caracolí. -Vertientes disectadas del río Opia desde la confluencia de la quebrada Ventillas hasta su desembocadura

de Pilamita y Chicala. -Sectores localizados de la formación Villeta, microcuenca de la quebrada la Hondita al suroriente de la cabecera municipal. -Cerro Talora. -Cerro Buenavista, cuchilla La gorda y loma Santa Rita. -Rondas hídricas del territorio municipal.	Patema, Arenosa, Solares, el Paso, Guarapazo. -Microcuenca media y alta de la quebrada Gallinas en la vereda Campo Alegre. -Microcuenca de las quebradas La Hondita al suroriente de la cabecera municipal. -Las Tetas de Doima. -Meseta de Ibagué al sur del centro poblado de Doima y el sector plano a ligeramente ondulado al norte de la misma.	-Microcuenca de las quebradas La Venta, Ventanillas, Seis Palmas, Miragatos, Armadillos. -Vertientes disectadas de las quebradas Caimitales, Patema, Arenosa, Solares, El Paso, Guarapazo.	en el río Magdalena y las quebradas Caimitales, Patema, Solares, El Paso y Guarapo. -Cerro el Púlpito y colinas en las veredas Pantano, Góngora y Paradero de Chipalo. -Laderas onduladas y empinadas principalmente en las veredas Campo Alegre y Camao. -Valles aluvio coluviales torrenciales de las quebradas Ambiro, Luni, Vallecito y La Gorda. -Área de influencia de la red de gasoducto.
---	--	---	---

Fuente: POT municipal Piedras, Tolima, 2011.

Según la ordenación del territorio observada en el POT, el humedal Toqui-Toqui pertenece a la cuenca del río Opia, considerada área prestadora de servicios ecosistémicos.

4.4. Estudios Multitemporales por Teledetección

Es el estudio de una zona determinada a partir de imágenes de sensores remotos (para este proyecto, fotografías aéreas e imágenes de satélite), mediante tomas hechas en tiempos diferentes, variando el tiempo entre una toma y otra, en años, con el fin de analizar una variable a través del tiempo, en este caso, la cobertura vegetal y el área del espejo de agua (Labrador, Évora, & Arbelo, 2012).

Un análisis multitemporal implica un cruce digital de dos imágenes satelitales de diferentes anualidades que previamente han sido clasificadas y que obligatoriamente guardan similitud en el territorio o área de estudio y tienen unidad temática, en este caso de coberturas con la misma escala y proyección cartográfica utilizadas (Labrador et al., 2012).

Las variaciones en el tiempo sobre el área analizada se verifican bajo este enfoque que captura datos de tipo numérico y geográfico para crear una base de datos sobre la cobertura del

territorio mediante la interpretación visual de imágenes. Así se logran definir las transiciones que se producen en el periodo de tiempo determinado, permitiendo observar no solo las zonas de cambio sino también comparar la cobertura original y la actual (Labrador et al., 2012).

La teledetección o detección remota es la adquisición de información a pequeña o gran escala de un objeto o fenómeno, ya sea usando instrumentos de grabación o instrumentos de escaneo en tiempo real inalámbricos que no están en contacto directo con el objeto (como por ejemplo aviones, satélites, astronaves, boyas o barcos). En la práctica, la teledetección consiste en recoger información a través de diferentes dispositivos de un objeto concreto o un área (Martínez-Vega, Martín, Díaz, López, & Muñoz, 2010).

Actualmente, el término se refiere de manera general al uso de tecnologías de sensores para adquisición de imágenes, incluyendo: instrumentos a bordo de satélites o aerotransportados (Peguero, 2016).

El tipo de producto más común que suministran los satélites de teledetección es una imagen digital *Tipo raster*, donde cada píxel tiene asignado uno o varios valores numéricos (niveles digitales) que hacen referencia a la energía media recibida dentro de una determinada banda espectral. Teniendo esto en cuenta, se pueden adquirir imágenes multispectrales (MS) que son aquellas imágenes que llevan asociados varios valores numéricos a cada píxel, tantos como bandas espectrales sea capaz de detectar el sensor. A priori, es el tipo de producto más útil ya que proporciona, en cierto modo, la firma espectral de los distintos elementos presentes en la imagen (Peguero, 2016).

4.4.1. Captura e interpretación de imágenes satelitales.

Los satélites que son empleados para la observación de la Tierra describen dos tipos de órbitas: helio-sincrónicas y geoestacionarias. El primer tipo de órbita es habitual para aquellos satélites de recursos naturales de alta y media resolución espacial tales como Landsat, SPOT, IRIS, Terra, Aqua, a una altura que varía entre los 600 y 900 km que permiten la captura de imágenes de lugares distintos en condiciones de iluminación homogénea. Por otra parte, los satélites de órbita geoestacionaria mantienen una órbita con velocidad similar a la de la rotación

de la Tierra lo que permite el registro de imágenes sobre la misma porción de la tierra. En esta órbita se destacan los satélites de comunicaciones y meteorológicos. Entre varios de estos se logra una complementariedad para que en conjunto brinden la información de toda la superficie terrestre (Martínez et al., 2010).

Un sistema de teledetección consta de seis componentes: (a) la fuente de energía, que suele ser el sol; (b) la cubierta terrestre con sus objetos (coberturas, aguas, superficies urbanas), los cuales reaccionan de diferente manera ante el flujo de energía incidente, así una parte de esta es absorbida por los objetos y otra es reflejada; (c) la energía reflejada captada por el sensor, información que es codificada digitalmente dependiendo de la resolución radiométrica; (d) los datos almacenados son enviados con cierta frecuencia a las estaciones receptoras; (e) las imágenes son grabadas y luego distribuidas a los usuarios bajo diversos mecanismos comerciales y políticos, y son abordadas mediante diversos programas de tratamiento digital por el intérprete para realizar cartografías temáticas y variables biofísicas tales como humedal, características de los suelos, vegetación, temperaturas de la superficie terrestre, entre otras que pueden ser integradas con otra información geográfica; y (f) el usuario final, que recibe la información para tomar decisiones en materias tales como el ordenamiento del territorio, la conservación de la biodiversidad o la lucha contra la desertización, por citar algunos ejemplos de la multiplicidad de alternativas de manejo (Martínez et al., 2010).

El espectro electromagnético, por su parte, es la distribución del conjunto de las ondas electromagnéticas según su longitud de onda. En el espectro se distinguen diferentes regiones: ultravioleta, visible, infrarrojo, microondas, etc. Solo una parte del espectro es visible a los ojos humanos; este se ubica entre los 0.4 y 0.7 μm . El color azul iría desde 0.4 hasta 0.5 μm , el verde desde 0.5 μm hasta 0.6 μm y el rojo de 0.6 μm a 0.7 μm . Los sensores satelitales detectan y graban radiaciones no visibles del espectro desde la ultravioleta hasta las microondas (Labrador et al., 2012).

A su vez, el término reflectancia espectral hace alusión a la porción de luz incidente que es reflejada por una superficie (Labrador et al., 2012).

4.4.2. Captura de geoformas.

La geomorfología es el conocimiento de las formas de la tierra, es una parte de la geografía que se encarga de clasificar y explicar las distintas configuraciones que presenta la superficie externa de la litosfera terrestre que conforma el relieve. Esta disciplina se ha desarrollado gracias a los aportes de otros conocimientos científicos como la climatología, la hidrografía, la biología y la edafología con el objetivo de conocer mejor los factores bióticos y abióticos endógenos y exógenos que intervienen en el paisaje. La aplicación de la teledetección a la geomorfología le ha permitido un avance enorme al posibilitar la captura e interpretación de formas que solo se ven con claridad desde el espacio. Así se han podido observar y analizar formas que obedecen a factores como la tectónica, el vulcanismo, el relieve, el suelo, los cuerpos de agua, los procesos erosivos. Asimismo factores bióticos como la vegetación y la fauna y factores antrópicos como la acción del hombre sobre el relieve, pérdidas de suelo, deforestación, prácticas agrícolas, entre otras posibilidades (Martínez et al., 2010).

4.4.3. Imágenes de coberturas vegetales y masas de agua.

En el caso de la vegetación la reflectancia viene dada por los pigmentos verdes de las hojas. La clorofila absorbe energía en una parte del espectro electromagnético entre 0.45 y 0.67 μm , de tal modo que cuando la vegetación está sana se observa comúnmente un color verde que es el que se refleja debido a que hay una gran absorción de los colores rojo y azul, y cuando la vegetación no está sana hay una mayor reflectancia del rojo por lo que las hojas se ven amarillentas (mezcla de verde y rojo). Los distintos tipos de vegetación observables se deben a una reflectancia en un rango entre 0.7 y 1.3 μm que depende de la estructura interna de la hoja. Por encima de 1,3 μm la reflectancia de las hojas es inversamente proporcional al contenido de agua, por lo tanto en esta región del espectro se puede observar el estrés hídrico de la vegetación (Labrador et al., 2012).

De la misma manera que para las coberturas vegetales es posible determinar la presencia de masas de agua y algunas propiedades según la reflectancia. Las masas de agua pueden reflejar

tonalidades de azul muy plano cuando el agua es pura y tonalidades de verde cuando aumentan los nutrientes, sedimentos y algas que contienen pigmentos fotosintéticos (Labrador et al., 2012).

4.4.4. Leyenda Corine Land Cover.

Con relación al uso de leyendas para coberturas, la presente investigación implementa la leyenda nacional de coberturas de la tierra adaptada de la metodología europea Corine Land Cover para Colombia, documento surgido de un convenio interinstitucional entre el IDEAM, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI, la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en el año 2009 (IDEAM, 2010).

CORINE (Coordination of Information on the Environment) Land Cover es un inventario homogéneo de la ocupación (cobertura) del suelo con características técnicas específicas. Tiene como objetivo fundamental la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos a escala 1:100.000 sobre la cobertura y uso del territorio mediante la interpretación a través de imágenes recogidas por la serie de satélites LandSat y SPOT. Es utilizada por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Parque Nacionales Naturales de Colombia, 2010).

4.5. Análisis de Impactos Ambientales a través de Diagramas de Causa - Efecto

El método de diagramas causa - efecto parte de una red de relaciones que se establecen entre (a) las acciones, (b) los efectos, y (c) los impactos. Las *acciones* se refieren a aquellas que son susceptibles de producir impactos; los *efectos* son procesos físicos, bióticos, sociales, económicos o culturales que dependen de una acción y que pueden producir cambios o alteraciones en la dinámica de los ecosistemas; los *impactos*, por su parte, se refieren al cambio neto que se produce en las condiciones ambientales que se estén analizando (Arboleda, 2008).

Estos diagramas causa - efecto hacen parte de las metodologías de identificación de impactos ambientales ampliamente utilizadas en estudios ambientales cualitativos y

semicuantitativos, que permiten la lectura de una situación ambiental tomando en cuenta las diferentes perspectivas y abarcando las actividades que se están realizando en el ecosistema (Arboleda, 2008).

5. Metodología

5.1. Tipo de investigación

El presente es un estudio descriptivo con el objetivo de identificar los cambios del humedal Toqui-Toqui. Este tipo de estudios son definidos por Hernández, Fernández, y Baptista (2010), como aquellos que:

Buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas (p. 80).

El principal valor de este tipo de estudios es “mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010, p. 80). En este sentido se espera que el investigador logre definir lo que se medirá y es precisamente “en la medición de uno o más de los atributos del fenómeno” (p.80) que se encuentra su justificación.

Por su parte, el presente estudio plantea un enfoque mixto, en cuanto “implica un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio” (Hernández et. al, 2010, p. 544). En este sentido, se integraron los datos cuantitativos relacionados con información geográfica en imágenes, los datos cualitativos dados por la observación directa del entorno y la información brindada por actores del área de estudio con el fin de lograr un mayor entendimiento del fenómeno en cuestión. Sin embargo, se mantiene una preponderancia en lo cuantitativo en términos del peso de este componente sobre el cualitativo.

5.2. Población

La población considerada dentro de la investigación es la que se ubica en las proximidades del espejo de agua del humedal Toqui-Toqui, la cual está localizada en un área de 25.8 ha del total de las 423,36 ha investigadas.

Dentro de esta área se identificaron los actores relevantes a través de visitas de reconocimiento en campo y revisión de información secundaria levantada para la zona, en especial del PMA del humedal. En la Tabla 4 se muestran los actores relevantes y la categorización dada a los mismos dependiendo del rol que desempeñaron dentro de la dinámica del estudio.

Tabla 4. Actores relevantes en la dinámica del estudio

Actor	Área de influencia a la que pertenece	Tipo de actor
Propietarios predios cercanos al humedal	AID	Comunidad Asociación de productores de la vereda
Empresa petrolera	AID	Comunidad
Comunidad vereda Manga de los Rodríguez	AID	Comunidad
Alcaldía Municipal	NA	Local
CORTOLIMA	NA	Regional
Instituto Alexander Von Humboldt	NA	Nacional
IDEAM	NA	Nacional
ANLA	NA	Nacional

Nota. AID: Área de Influencia Directa; NA: No aplica. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Descripción del Área de Estudio

El área de estudio tiene una extensión de 423,36 has, la cual cubre la zona del espejo del agua y las áreas circundantes del humedal Toqui-Toqui, en el municipio de Piedras, departamento del Tolima. En la Tabla 5 se muestran las coordenadas que se tomaron para delimitar el polígono, las cuales pueden diferir con otras ventanas cartográficas de otros estudios similares.

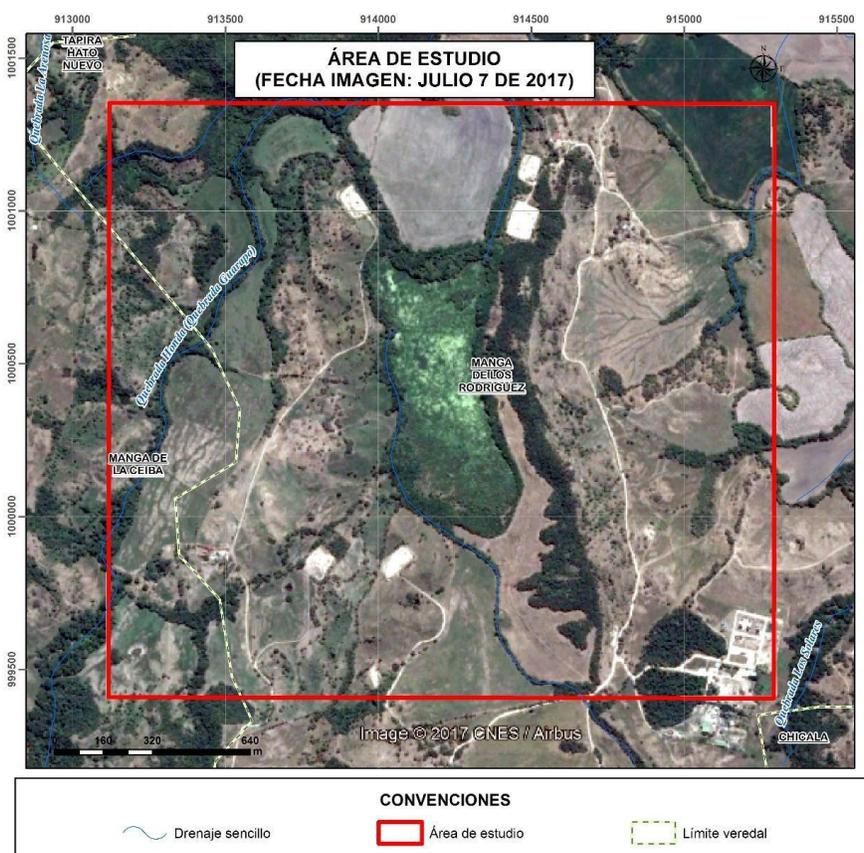
Tabla 5. Vértices del área de estudio

Vértice	Coordenadas planas MAGNA-SIRGAS Origen Bogotá		Coordenadas geográficas WGS 84	
	Este	Norte	Longitud	Latitud
1	913.120,15	1.001.353,92	74° 51' 37,629" W	4° 36' 28,846" N
2	915.296,09	1.001.351,10	74° 50' 27,041" W	4° 36' 28,831" N
3	915.293,58	999.405,47	74° 50' 27,055" W	4° 35' 25,496" N
4	913.117,64	999.408,28	74° 51' 37,642" W	4° 35' 25,511" N

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, en la Figura 1 se muestran aspectos generales de la localización del área de estudio. En ella se marca la ventana cartográfica empleada.

Figura 1. Definición del área de estudio

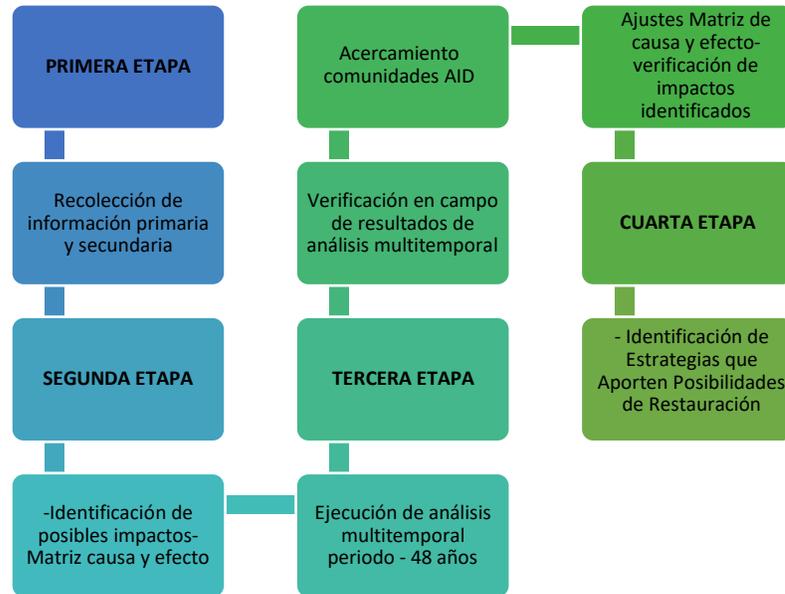


Fuente: Elaboración propia.

5.4. Etapas de la Investigación

La investigación se desarrolló en cuatro etapas: (a) recolección y análisis de información primaria y secundaria sobre el estado actual del humedal; (b) identificación de impactos ambientales observables en el humedal y ejecución del análisis multitemporal; (c) verificación en campo de los resultados del análisis multitemporal y acercamiento a la comunidad de la zona de influencia cercana al espejo de agua del humedal, con lo cual se realizaron ajustes a la matriz de identificación de impactos; y (d) identificación participativa de estrategias de restauración del humedal. La Figura 2 muestra las etapas que siguió el proceso investigativo.

Figura 2. Etapas de la investigación



Fuente: Elaboración propia.

5.4.1. Recolección de información primaria y secundaria.

En la primera etapa de la metodología se hizo una recopilación de la información tanto primaria como secundaria; inicialmente se realizó la revisión bibliográfica con la selección de la información, cuyo propósito fue hacer una descripción del ecosistema a investigar, luego se procedió a la recolección de información en campo.

Para la recolección, análisis e interpretación de la información primaria se utilizaron las técnicas (a) observación directa, (b) análisis multitemporal, (c) entrevistas, (d) grupo focal, (e) identificación de impactos ambientales, y (f) identificación de estrategias de restauración. La Tabla 6 muestra estas técnicas con los instrumentos que se utilizaron, respectivamente.

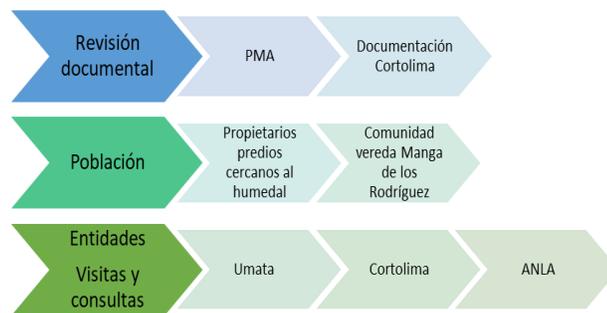
Tabla 6. Técnicas e instrumentos para el trabajo de campo

Técnicas	Instrumentos
Observación	-Recorridos de verificación -Fotografías
Análisis multitemporal	-Imágenes satelitales a través de Google Earth -Imágenes Landsat se utilizó el aplicativo disponible en línea SAS.Planet.Release.160707.zip a través del enlace https://bitbucket.org/sas_team/sas.planet.bin/downloads/ - Elaboración de los mapas temáticos -SIG - Software Arc Map 10.3
Entrevista	-Formato de encuestas semi-estructuradas
Grupo focal	-Guía de preguntas
Identificación posibles impactos ambientales	-Matriz causa y efecto
Identificación posibles estrategias de restauración del humedal	-Sistematización información cualitativa – Categorías para identificación de estrategias

Fuente: Elaboración propia.

El manejo de la información durante todo el proceso investigativo se resume en la Figura 3.

Figura 3. Recolección de información



Fuente: Elaboración propia.

5.4.2. Identificación de posibles impactos ambientales con la matriz causa – efecto.

Para identificar los posibles impactos ambientales alrededor de las actividades antrópicas desarrolladas alrededor del humedal en el área de influencia directa, se utilizó la matriz causa - efecto acorde con lo planteado por Arboleda (2008), lo que permitió identificar actividades, aspectos e impactos. Esta matriz fue desarrollada en dos momentos: inicialmente fue aplicada durante la ejecución del análisis multitemporal, lo cual generó la asignación de afectaciones positivas y negativas sobre el área de estudio; el segundo momento fue cuando se verificaron los resultados del análisis multitemporal con el apoyo de la comunidad y las autoridades ambientales, lo cual generó ajustes menores respecto a los impactos ambientales identificados inicialmente.

5.4.3. Ejecución y verificación del análisis multitemporal.

Como ya se mencionó, en el análisis multitemporal se tomaron como unidad de muestreo 423,36 ha, las cuales contemplan un área lo suficientemente representativa para identificar las variaciones en las coberturas.

El análisis multitemporal se ejecutó para 48 años dada la disponibilidad de información y por ser un tiempo suficiente para posibilitar la visualización de cambios representativos en el paisaje. Luego de realizar el análisis de las imágenes se hizo una verificación con los recorridos de campo, entrevistas y reuniones, lo que permitió ajustar la información de las imágenes. El tratamiento de las imágenes permitió desarrollar la clasificación de las coberturas vegetales del área de estudio en cada uno de los años analizados.

Frente al manejo de las imágenes, estas se recogieron en el aplicativo en línea SAS.Planet.Release.160707.zip y en la plataforma Google Earth. Se depuró dicha información descartando aquellas imágenes que no eran funcionales ya que no permitían definir las unidades de cobertura a la escala mínima cartografiable y que tuvieran rangos de años. Todas las imágenes Landsat que fueron consultadas se encontraban georreferenciadas, por tal motivo no se requirió transformarlas, ni ortorectificarlas. La totalidad de imágenes Landsat consultadas se pueden

apreciar en el Anexo 1 “Análisis Multitemporal Anual”. En la Tabla 7 se especifican las imágenes utilizadas en la interpretación.

Tabla 7. Imágenes utilizadas en la interpretación

Fecha imagen	Fuente/ sensor imagen	Escala de captura	Estado
31/12/1969	Google Earth	2500	Interpretada
20/02/1985	Landsat 5	2500	Interpretada
14/02/1995	Landsat 5	2500	Interpretada
16/07/2001	Landsat 7	2500	Interpretada
17/08/2003	Google Earth	2500	Interpretada
11/02/2007	Google Earth	2500	Interpretada
07/01/2013	Google Earth	2500	Interpretada
23/10/2013	Google Earth	2500	Interpretada
08/07/2016	Google Earth	2500	Interpretada
07/07/2017	Google Earth	2500	Interpretada

Fuente: Elaboración propia.

Luego las imágenes fueron visualizadas a través del software Arc Map 10.3, en el cual se realizó su procesamiento, generando la ventana cartográfica del área de estudio y la delimitación de las unidades de cobertura. Una vez se interpretó la totalidad del área de estudio se clasificaron las unidades conforme a las categorías establecidas en la metodología Corine Land Cover (IDEAM, 2010). La escala utilizada para la delimitación y clasificación de las unidades de cobertura fue de 1:2.500, por ende, la unidad mínima cartografiable fue de 0.0625 ha. Finalmente se calculó el valor del área de cada polígono por medio de la herramienta Calculate Geometry.

A partir del pre-procesamiento de la imagen, el análisis multispectral, las transformaciones y la interpretación de la imagen, se obtuvieron patrones de identificación de coberturas, elaborando una leyenda preliminar (de tipo jerárquica), se estableció la codificación

de las coberturas y se culminó el proceso de interpretación acorde con lo descrito en la metodología CORINE Land Cover (IDEAM, 2010).

Se analizaron dos características, principalmente: (a) cambios de la cobertura vegetal, y (b) variación del espejo de agua.

Cambios de la cobertura vegetal. Se realizó un análisis para identificar la pérdida o ganancia de la vegetación del humedal y se generó una comparación del estado actual de la misma mediante el método de sobreposición de imágenes.

Variación del espejo de agua. Se realizó un análisis para determinar las variaciones del espejo de agua a través del periodo de tiempo establecido de 48 años.

Para la interpretación de las imágenes se tuvieron en cuenta criterios de teledetección como forma, textura y el comportamiento espectral de las coberturas (Peguero, 2016); se utilizó el software Arc Map 10.3 para la delimitación de unidades de cobertura, codificación y clasificación de unidades de acuerdo con la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010).

Las herramientas SIG permitieron obtener información asociada a la cuantificación de áreas con cambios para las variables objeto del análisis. Por medio de la codificación de las coberturas se obtuvo el área que ocupaba cada unidad en el terreno para los periodos analizados del área de estudio, a través de la herramienta Calculate Geometry, lo cual permitió determinar los porcentajes de ocupación de cada cobertura, por ejemplo, el área del espejo de agua del humedal, y así calcular los cambios de coberturas en los periodos definidos.

Con la interpretación temática preliminar se realizó la verificación en campo de los atributos descritos y de los contornos de las coberturas delimitadas para el último año interpretado, para con ello elaborar la leyenda definitiva.

Para los años anteriores se identificaron a través de la revisión bibliográfica las principales actividades económicas desarrolladas en el territorio y algunas prácticas realizadas en cada periodo por la comunidad que habitaba el área de estudio.

5.4.4. Acercamiento a la comunidad.

Inicialmente el trabajo con los actores relevantes pretendía analizar tanto el área de influencia directa como el área de influencia indirecta de este ecosistema; condición que no fue posible desarrollar en su totalidad por el recelo de la comunidad a participar en temas asociados al humedal Toqui-Toqui debido a las sanciones interpuestas por la autoridad ambiental a algunos propietarios. En este sentido, no se logró la colaboración de la Junta de Acción Comunal de la vereda Chicalá aledaña a la Manga de los Rodríguez y perteneciente al área de influencia indirecta del humedal, razón por la cual el trabajo se concentró en la población del área de influencia directa contando con una participación baja dada la condición anteriormente descrita. En las actividades de recolección de información no se permitieron las grabaciones.

Las entrevistas semiestructuradas desarrolladas con los representantes de la autoridad local ambiental, los propietarios de los predios y la asociación de productores de la vereda fueron tabuladas y depuradas con el propósito de identificar los sentires y percepciones sobre el estado del humedal.

La información recogida a través del grupo focal fue sistematizada a través de la generación de tendencias de opiniones coincidentes de los temas tratados.

Esta elección de muestra por participantes voluntarios es avalada por Hernández et al. (2010), cuando plantean que “las muestras de voluntarios son frecuentes en ciencias sociales y médicas” (p. 396). Los autores plantean que “en estos casos, la elección de los participantes depende de circunstancias muy variadas. A esta clase de muestra también se le puede llamar autoseleccionada, ya que las personas se proponen como participantes en el estudio o responden activamente a una invitación” (p. 396).

5.4.5. Identificación de estrategias.

De igual forma para generar posibles alternativas encaminadas a la recuperación del humedal, se partió de lo manifestado por los actores contactados, para generar categorías a través de aspectos recurrentes en lo expresado y de esta manera generar las alternativas con un enfoque participativo.

También se tomó en cuenta el estado de cumplimiento del PMA, para lo cual se verificó en campo el desarrollo de los objetivos y actividades planteadas en él. Esta verificación se apoyó, nuevamente, de la población del área directa de influencia y la autoridad ambiental Cortolima.

5.5. Categorías de Análisis

- Cuantificación de cambios de la cobertura vegetal del humedal Toqui-Toqui.
- Variación del espejo de agua del humedal Toqui-Toqui.
- Identificación de impactos ambientales del humedal Toqui-Toqui.
- Aplicación de las estrategias de planificación en el territorial actual.
- Alternativas de recuperación del humedal Toqui-Toqui.

6. Resultados y Discusión

6.1. Cambios en las Características del Humedal Toqui-Toqui

De acuerdo con la metodología Corine Land para Colombia, el humedal Toqui-Toqui se considera que es uno de tipo lago de agua dulce, lo cual concuerda con lo dicho en el PMA (Cortolima, 2016). Sin embargo, las alteraciones sufridas en este ecosistema han hecho que presente algunas características similares a las de un pantano de agua dulce debido a que su espejo ya no es permanente.

En el PMA (Cortolima, 2016) los antiguos miembros de la comunidad relatan:

Hace unos 30 años, antes de la llegada de la actividad petrolera, hacia los años ochenta, eran comunes los frondosos pastizales con variedades de guinea y puntero a lado y lado de los caminos interveredales, así como también los numerosos cultivos de arroz, sorgo, maíz, cachaco, yuca, plátano, ciruela y otras frutas que hoy en día son poco comunes en la zona (p. 237).

Los pobladores concuerdan en que el inicio de la actividad petrolera no solo puso fin a una era de fertilidad en los campos, sino además a la abundancia hídrica de los pozos puesto que en algunas oportunidades se extraía más agua que petróleo (Cortolima, 2016).

Hace 20 años las transformaciones territoriales más importantes en el municipio de Piedras estuvieron ligadas a los cambios en la propiedad en las amplias zonas aledañas al humedal Toqui-Toqui, procesos que estuvieron influenciados por la actividad del entonces Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA) y de particulares. Dicha entidad llevó a la constitución de la empresa comunitaria El Porvenir, proceso que permitió que se beneficiaran 28 familias del municipio por medio de un subsidio del 70% del valor total de la tierra (400 has) (Cortolima, 2016). La mayoría de estas áreas en su momento fueron compradas por personas con mayor solvencia económica, desplazando a pobladores con una cultura agrícola de subsistencia por ganaderos y agricultores extensivos.

Estos cambios en el uso de los suelos generaron gran irreversibilidad en las condiciones del ecosistema, no solo desde los factores bióticos y abióticos sino también desde los socioculturales. Así, la llegada del proyecto petrolero generó inicialmente expectativas y optimismo entre los pobladores, posibilidades de desarrollo, de generación de empleo y progreso para su región; sin embargo, con el pasar del tiempo este sentir se convirtió en preocupación por la disminución del espejo de agua del humedal y en consecuencia de las actividades de pesca, así como por las pocas oportunidades laborales que en realidad tenían, por cuanto las personas de la región carecían de experiencia y conocimientos en el desarrollo de actividades petroleras y no pudieron brindar mano de obra calificada. Y, de otro lado, el ingreso de la ganadería y la agricultura extensiva generó cambios en las actividades socioeconómicas practicadas por la comunidad, disminuyendo la necesidad de personal y disminuyendo la productividad de los suelos y la oportunidad de alimentarse de los mismos (Cortolima, 2016). Ambos momentos —la actividad petrolera y el ingreso de ganadería y agricultura— se consideran hitos del deterioro ecológico y social del humedal pese a que a la comunidad se le dificulte entender que la ganadería cause una afectación importante sobre este y dejen la mayor carga de responsabilidad en el desastre a la actividad petrolera.

6.2. Análisis Multitemporal

Los análisis de coberturas de tierra correspondientes a los años interpretados muestran el área de estudio en los últimos 48 años. En la zona se evidencia el desarrollo de actividades agropecuarias, destinando grandes extensiones de tierra a cultivos de cereales, que según el PMA del humedal corresponden a arroz, maíz y sorgo (Cortolima, 2016). Asimismo, a lo largo de este periodo la ganadería extensiva también ha sido una actividad que abarca importantes porciones de terreno, promoviendo el cambio de coberturas de bosques de galería y vegetación secundaria en transición a pastos y cultivos. La información detallada sobre la interpretación de imágenes, la descripción de las unidades de cobertura de la tierra identificadas, junto con la información suministrada por los actores relevantes por cada año analizado se encuentra en el Anexo 1 “Análisis Multitemporal Anual”.

Al hacer la superposición digital de las unidades determinadas para cada año se detectan las coberturas que han tenido cambios y se pueden cuantificar las coberturas que ganan o pierden área, lo que comúnmente se denomina como dinámica de cambio, ya que supone que la pérdida de área para una determinada clase corresponde a la sustitución de la misma por otra cobertura cuya clase se encuentra reconocida al momento de la clasificación, lo que concuerda con lo planteado por Peguero (2012) cuando afirma:

Para estudiar la dinámica de cambios de cobertura vegetal normalmente [se] debe responder a las preguntas ¿Qué cambio ha ocurrido entre determinadas fechas? ¿Cuánto cambió?, ¿Dónde cambió? y ¿A qué cambió? De igual modo se puede preguntar a una serie de fechas ¿Cuál es la situación de la última fecha respecto de los datos históricos (máximos, mínimos, media)? y de esta forma conocer la tendencia de los recursos vegetales.

Entre las técnicas que se utilizan para análisis de cambios y responder estas preguntas, se encuentran la comparación de cartografía temática, el estudio de datos continuos provenientes de sensores remotos y los estudios de series temporales con los mismos datos anteriores (p. 227).

6.2.1. Dinámica de cambios en unidades de cobertura de acuerdo a las actividades antrópicas.

Se determinaron cuatro categorías de clasificación de la dinámica de cambios influenciados por diferentes actividades antrópicas: (a) cambio de uso agropecuario, (b) ganancia, (c) pérdida, y (d) sin cambios, las cuales son descritas a continuación.

- *Cambio de uso agropecuario.* Esta unidad corresponde a aquellas áreas que pasaron de unidades de cobertura de pastos limpios a cultivos de cereales y viceversa, donde se mantiene el desarrollo de actividades agropecuarias pero que su destinación específica en el periodo pasó a ser agrícola o ganadera.

- *Ganancia.* Las ganancias se determinaron por (a) el cambio de coberturas de territorios agrícolas a coberturas de bosques y áreas seminaturales; (b) de vegetación acuática sobre cuerpos de agua a lagunas, lagos y ciénagas naturales, toda vez que se analizan los cambios de recuperación del espejo de agua del humedal; (c) de áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva a lagunas, lagos y ciénagas naturales, bajo el mismo criterio de análisis de recuperación del espejo de agua del humedal; (d) de vegetación acuática sobre cuerpos de agua a vegetación secundaria o en transición; (e) de tierras desnudas y degradadas a cualquier unidad de cobertura de áreas húmedas o territorios agrícolas; (f) de cuerpos de agua artificiales a unidades de territorios agrícolas o áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva; (g) de zonas de explotación de hidrocarburos a territorios agrícolas o áreas húmedas; y (h) de áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva a bosques, o el cambio de vegetación secundaria baja a alta. Es decir, esta categoría agrupa cambios que signifiquen beneficios ecosistémicos para la región en cuanto a la regulación hídrica, movilidad de fauna silvestre, calidad del paisaje, control de erosión, recuperación del espejo de agua, entre otros.
- *Pérdida.* Se consideraron como pérdidas los cambios en las unidades de coberturas que provocan la fragmentación ecosistémica, el deterioro de la calidad del paisaje, la apertura de la frontera agropecuaria, la incorporación de actividades extractivas o de producción extensivas, la reducción del espejo de agua del humedal, el incremento de la vegetación acuática, entre otras; o en los casos en que el nivel de clasificación de las unidades de cobertura según la metodología de Corine Land Cover fuera inferior. Esto es, cuando se reflejaron en el territorio situaciones que producen cambios tales como (a) el paso de bosques a territorios agrícolas y áreas seminaturales a explotación de hidrocarburos; (b) de territorios agrícolas, bosques y áreas seminaturales a cuerpos de agua artificiales; (c) de pastos arbolados a pastos limpios por la desaparición de los individuos forestales que proporcionan sombrío; (d) de pastos enmalezados a pastos limpios o arbolados, ya que se encuentran en una fase preliminar de sucesión natural y son intervenidos nuevamente; (e) de bosques a áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva; (f) de vegetación secundaria o

en transición a territorios agrícolas; (g) de territorios agrícolas, bosques o vegetación secundaria o en transición a tierras desnudas y degradadas o vegetación acuática sobre cuerpos de agua; (h) de vegetación secundaria alta a baja; e (i) de lagunas, lagos y ciénagas naturales a vegetación acuática sobre cuerpos de agua o vegetación secundaria o en transición.

- *Sin cambios.* Corresponden a las unidades de cobertura que se mantienen en el tiempo bajo la misma clasificación.

Para determinar la dinámica de cambios en el área de estudio conforme a las imágenes interpretadas se seleccionaron tres periodos en los que se presentaron los cambios más significativos, los cuales en su mayoría son producto de las actividades antrópicas que se puede relacionar con los aspectos históricos conocidos de la región. Los tres periodos son: (a) análisis del año 1969 a 1995, (b) análisis del año 1995 a 2001, y (c) análisis del año 2001 a 2017.

Los análisis efectuados para cada uno de los periodos incluyeron el cálculo de las unidades de coberturas en las que se produjo el cambio, el tipo de cambio producido, la posible causa del cambio y finalmente se determinó cuál es la tendencia o dinámica general en las coberturas de la tierra. A continuación se presenta la descripción de cada periodo.

6.2.2. Análisis multitemporal 1969 a 1995.

En este periodo de 26 años, el 82% de las coberturas del área de estudio se mantuvieron igual, por lo que se puede afirmar que no se generaron cambios significativos ni dramáticos para la estructura paisajística en la época inicial de este análisis.

Las actividades productivas, principalmente la agricultura y ganadería extensivas, como el cultivo de arroz, maíz y sorgo, y la crianza de ganado bovino doble propósito, se mantuvo en el

periodo, con prácticas de rotación de cultivos y descanso de potreros, implementadas en el 7% del área de estudio aproximadamente.

Con el propósito de contrastar dicha lectura de las actividades agrícolas del periodo en relación con los cambios de cobertura a cultivos agrícolas de arroz, se revisó la información suministrada en entrevistas y reuniones. Frente a la pregunta de qué tipo de cultivos se sembraron en este periodo, un entrevistado manifestó: “Por acá siempre ha sido eso, el arroz (Participante grupo focal). Y otro: “Manejábamos arroz con maíz, pero ahora solo sembramos arroz” (Propietario).

Las mayores manifestaciones de cambios (ver Tabla 8) se dieron en la desaparición de bosques de galería para el establecimiento de estos cultivos y de pastos limpios, seguido en orden de área por la pérdida del espejo de agua y en su lugar la aparición de vegetación acuática sobre cuerpos de agua y vegetación secundaria baja en áreas donde el retroceso del área inundable produjo el establecimiento de vegetación pionera.

Como se aduce que los cambios en las coberturas vegetales afectaron directamente las zonas de vida y hábitat de especies de fauna, se preguntó a la comunidad abordada sobre los recuerdos de la fauna presente en este periodo, con el objetivo de correlacionar los factores desencadenantes de la problemática del deterioro del humedal. Los actores manifestaron que inicialmente se podían apreciar varios animales que ya hoy no se pueden ver. Algunas de sus expresiones fueron: “Jum, esto era lleno de animales, eso había babillas, pero grandototas como así de grandes como este brazo, eso era hasta peligroso, imagínese” (Participante grupo focal). “Había babillas, garzas, tortuga, cascabeles, patos, no, mejor dicho mucho mucho animal” (Participante grupo focal).

Tabla 8. Dinámica de cambios de cobertura entre los años 1969 y 1995

Cobertura de la tierra		Tipo de cambio	Área (ha)	Área por tipo de cambio (ha)
Año 1969		Año 1995		
2.1.2. Cereales	2.3.1. Pastos limpios	Cambio de uso agropecuario	1,81	27,99
2.3.1. Pastos limpios	2.1.2. Cereales	Cambio de uso agropecuario	26,19	
2.1.2. Cereales	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	Ganancia	0,08	22,62
2.1.2. Cereales	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Ganancia	11,05	
2.3.1. Pastos limpios	3.1.4. Bosque de galería y ripario	Ganancia	4,94	
2.3.1. Pastos limpios	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Ganancia	0,10	
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Ganancia	1,97	
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Ganancia	4,11	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Ganancia	0,39	
3.1.4. Bosque de galería y ripario	2.1.2. Cereales	Pérdida	7,72	23,93
3.1.4. Bosque de galería y ripario	2.3.1. Pastos limpios	Pérdida	7,08	

3.1.4. Bosque de galería y ripario	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	Pérdida	1,49	
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	Pérdida	3,20	
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Pérdida	0,22	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Pérdida	1,77	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	Pérdida	2,45	
2.1.2. Cereales	2.1.2. Cereales	Sin cambios	50,60	348,81
2.3.1. Pastos limpios	2.3.1. Pastos limpios	Sin cambios	168,41	
3.1.4. Bosque de galería y ripario	3.1.4. Bosque de galería y ripario	Sin cambios	59,84	
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	Sin cambios	8,34	
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Sin cambios	4,85	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	Sin cambios	43,12	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Sin cambios	13,66	

Fuente: Elaboración propia.

En la matriz de análisis de cambios para el periodo se observa un conjunto de ganancias representadas por las prácticas de producción agropecuaria, por lo que el descanso de las áreas de cultivos proporcionó las condiciones para el desarrollo de vegetación en sus primeros estadios sucesionales, correspondiente a la cobertura de vegetación secundaria baja. Asimismo, se experimentó ganancia por el abandono de pastos limpios y en su reemplazo el desarrollo de bosques de galería. Las ganancias de coberturas están dominadas por la vegetación secundaria baja, la cual colonizó áreas dedicadas en el año 1969 a cultivos de cereales, pastos limpios y vegetación acuática.

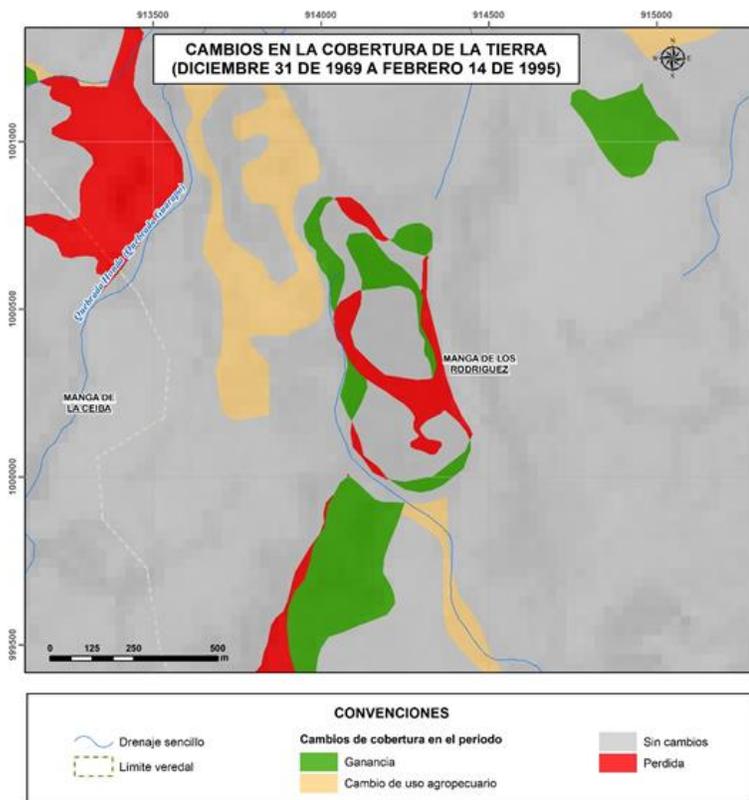
De igual manera, las ganancias de coberturas vegetales se localizan en el borde del humedal y en aquellas áreas de cultivos que fueron abandonadas y en su lugar se establecieron procesos sucesionales incipientes.

Las áreas de cambio de uso agropecuario predominan en el sector central del área de estudio, hacia el norte y sur del humedal.

Es importante resaltar que en este periodo aún no había iniciado la actividad de explotación de hidrocarburos, sin embargo, se evidencia que las pérdidas del espejo de agua fueron superiores a las ganancias; especialmente el avance de la vegetación acuática sobre el espejo de agua es el cambio que genera esta diferencia. Actualmente la condición de cubrimiento del humedal con vegetación acuática se mantiene, así como las actividades de ganadería extensiva.

En la Figura 4 se evidencia la distribución de la dinámica de cambios para el primer periodo analizado, donde las pérdidas se localizan principalmente en el borde del humedal y su espejo de agua, así como en el sector noroccidental del área de estudio en la zona aledaña a la quebrada Guarapo.

Figura 4. Dinámica de cambios en la cobertura de la tierra entre los años 1969 y 1995



Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la visitas de campo se pudo evidenciar la expansión de cultivos agrícolas invadiendo las rondas hídricas tanto del humedal como de quebradas cercanas y el establecimiento de monocultivos que se mantienen en la actualidad (ver Figura 5).

Figura 5. Registro de invasión de las rondas hídricas



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Para este periodo se evidencia entonces el inicio de un proceso de eutrofización tal como se describe en el Plan Nacional de Restauración (Minambiente, 2015) cuando plantea que este es un proceso desencadenante de deterioro.

6.2.3. Análisis multitemporal 1995 a 2001.

El segundo periodo analizado fue de seis años, desde 1995 hasta 2001 y al igual que en el primer periodo las actividades predominantes fueron la agricultura y la ganadería extensivas. Sin embargo, las pérdidas y ganancias en el área de estudio se incrementaron y se evidenció un cambio de uso agropecuario de pastos limpios a cultivos de cereales.

Este cambio de uso agropecuario ocurrió en el 11% del territorio, lo que se atribuye al establecimiento de la empresa comunitaria El Porvenir, dedicada a la producción de arroz, maíz, sorgo y ganado, de acuerdo al PMA (Cortolima, 2016). Sin embargo, en las entrevistas realizadas

para este estudio a representantes de la empresa, estos manifestaron que solo han manejado arroz en sus parcelas: “Nosotros siempre ha sido arroz, ningún otro, solo arroz” (Propietario hacienda El Porvenir). Se observa además que la rotación de cultivos agrícolas y de potreros se intensificó en la región durante este periodo.

Por otra parte, el 10% del área de estudio se caracterizó por la ganancia de coberturas, entre las que se destaca el cambio de cereales a vegetación secundaria baja, que como se indicó anteriormente hace parte de las prácticas culturales para la producción agrícola, rotando cultivos y proporcionando descanso a porciones de tierra en las que se inician procesos de sucesión natural. Esto también ocurre entre cultivos y pastos enmalezados, o en los casos más exitosos el paso de cereales a bosque de galería y ripario, cuando no se vuelven a generar perturbaciones y los procesos de sucesión se efectúan rápidamente por la alta disponibilidad de nutrientes en el suelo. En la Tabla 9 se muestra la dinámica de cambios de cobertura entre los años 1995 y 2001.

Tabla 9. Dinámica de cambios de cobertura entre los años 1995 y 2001

Cobertura de la tierra		Cambios en la cobertura de la tierra	Área (ha)	Área por tipo de cambio (ha)
Año 1995		Año 2001		
2.1.2. Cereales	2.3.1. Pastos limpios	Cambio de uso agropecuario	20,23	45,95
2.3.1. Pastos limpios	2.1.2. Cereales	Cambio de uso agropecuario	25,72	
2.1.2. Cereales	2.3.3. Pastos enmalezados	Ganancia	4,32	42,81
2.1.2. Cereales	3.1.4. Bosque de galería y ripario	Ganancia	5,10	
2.1.2. Cereales	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Ganancia	13,38	
2.3.1. Pastos limpios	2.3.2. Pastos arbolados	Ganancia	2,39	

2.3.1. Pastos limpios	3.1.4. Bosque de galería y ripario	Ganancia	1,89	
2.3.1. Pastos limpios	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	Ganancia	1,55	
2.3.1. Pastos limpios	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Ganancia	1,51	
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Ganancia	3,76	
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Ganancia	2,12	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	3.1.4. Bosque de galería y ripario	Ganancia	4,62	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Ganancia	0,07	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	Ganancia	2,09	
2.1.2. Cereales	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	Pérdida	0,17	55,46
2.1.2. Cereales	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	Pérdida	0,39	
2.3.1. Pastos limpios	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	Pérdida	5,55	

2.3.1. Pastos limpios	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	Pérdida	4,94	
3.1.4. Bosque de galería y ripario	2.1.2. Cereales	Pérdida	6,32	
3.1.4. Bosque de galería y ripario	2.3.1. Pastos limpios	Pérdida	13,38	
3.1.4. Bosque de galería y ripario	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	Pérdida	0,75	
3.1.4. Bosque de galería y ripario	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	Pérdida	1,09	
3.1.4. Bosque de galería y ripario	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Pérdida	1,66	
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	Pérdida	2,03	
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Pérdida	0,00	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	2.3.1. Pastos limpios	Pérdida	2,49	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	2.3.3. Pastos enmalezados	Pérdida	0,30	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	Pérdida	0,06	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	Pérdida	0,36	

3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Pérdida	0,20	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	2.1.2. Cereales	Pérdida	0,27	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	2.3.1. Pastos limpios	Pérdida	2,04	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	2.3.3. Pastos enmalezados	Pérdida	10,18	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	Pérdida	2,87	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	Pérdida	0,38	
2.1.2. Cereales	2.1.2. Cereales	Sin cambios	40,90	279,14
2.3.1. Pastos limpios	2.3.1. Pastos limpios	Sin cambios	133,75	
3.1.4. Bosque de galería y ripario	3.1.4. Bosque de galería y ripario	Sin cambios	41,57	
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	Sin cambios	8,10	
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Sin cambios	5,16	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	Sin cambios	36,66	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Sin cambios	13,01	

Fuente: Elaboración propia.

Las pérdidas de cobertura se evidenciaron en el 13% del área de estudio. La mayor pérdida se produjo en la cobertura de bosque de galería con la apertura de potreros para la

producción ganadera, seguido de la ampliación de la frontera agrícola para el establecimiento de cultivos de cereales, actividades a las que se dedicó la empresa comunitaria El Porvenir.

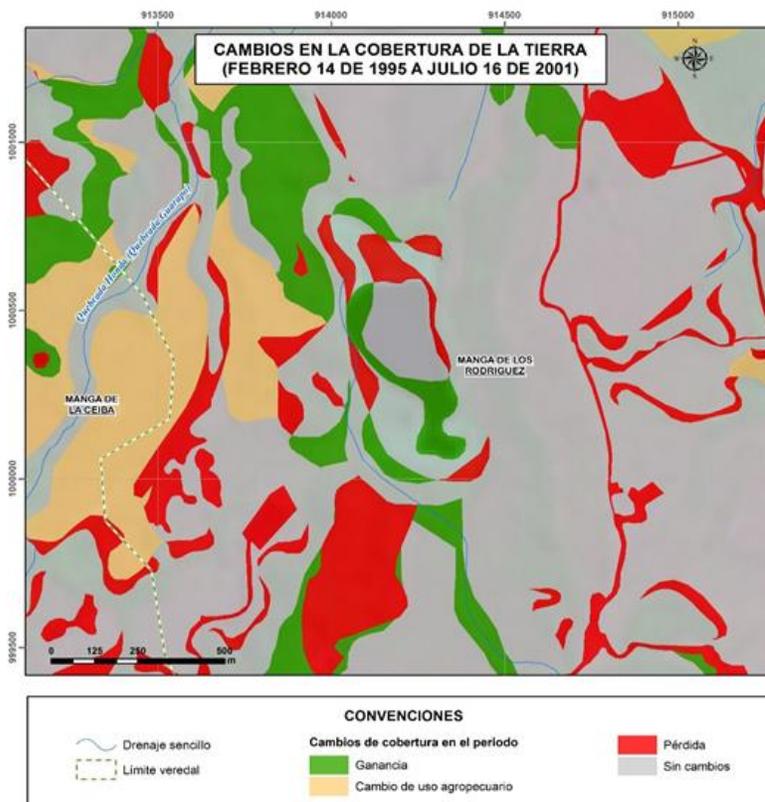
Otra pérdida importante se produjo en la cobertura de vegetación secundaria baja a pastos enmalezados, pérdida atribuible a la introducción de más cabezas de ganado, lo que conlleva a que varios sectores de pastos limpios inicien un proceso de erosión en surcos y cárcavamiento dando paso a las tierras desnudas y degradadas, lo cual se relaciona con Jaramillo et al. (2016) cuando afirman que las mayores transformaciones de los humedales en Colombia se relacionan con actividades ganaderas y agrícolas.

Un acontecimiento importante en este periodo fue el inicio de la explotación de hidrocarburos, con la construcción de seis plataformas exploratorias con sus accesos, las cuales se distribuyeron de forma general por toda el área alrededor del humedal. Esta nueva actividad extractiva ocupó áreas de pastos limpios, bosque de galería y ripario, cultivos de cereales, vegetación secundaria baja y alta, en orden de importancia, las cuales generaron el 2% de pérdidas en el área analizada.

En este periodo se perdieron 2 ha de espejo de agua, al igual que casi 3 ha de vegetación secundaria baja; en su lugar apareció vegetación acuática. Sin embargo, también se produjeron ganancias del espejo de agua, por el establecimiento de la laguna del humedal en una extensión de aproximadamente 4 ha donde se encontraba vegetación acuática.

En este periodo persiste la ganadería extensiva ya que 134 ha aproximadamente estaban dedicadas a esta labor sin sufrir modificaciones, lo que representa el 32% del área de estudio. Como se muestra en la Figura 6, las pérdidas de cobertura se encuentran distribuidas en parches pequeños por toda el área de estudio y se evidencia la linealidad de los accesos a las plataformas de exploración de hidrocarburos.

Figura 6. Dinámica de cambios en la cobertura de la tierra entre los años 1995 y 2001



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Los cambios que transcurrieron en los seis años analizados corresponde a sin cambios con parches pequeños de pérdidas distribuidos de manera uniforme por toda el área de estudio; ganancias, que se reportaron en parches de mayor tamaño localizados principalmente hacia el centro occidente del área; y los polígonos con mayor tamaño son los correspondientes a cambios de uso agropecuario ubicados hacia el occidente del área de estudio.

Actualmente la condición asociada a la invasión de las rondas hídricas para el establecimiento de actividades agropecuarias en la zona se mantiene y se evidenció con los recorridos de campo (ver Figura 7).

Figura 7. Registro de invasión de rondas hídricas por actividades agropecuarias y paso de semovientes



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se puede apreciar en la fotografía, a una distancia de 100 metros se encuentra establecido un cultivo de arroz; de igual manera, la intervención cercana a la fuente hídrica obedece a caminos en los cuales se evidencian suelos desnudos y paso de semovientes.

6.2.4. Análisis multitemporal 2001 a 2017.

Este es el periodo en el que se produjeron más cambios en el área de estudio, ya que el 49% del territorio tuvo alguna dinámica. En esta época, el cambio de uso agropecuario de cultivos a pastos limpios y viceversa disminuyó en casi 5%, lo cual se relaciona con la pérdida de productividad de los suelos, como lo evidencian las imágenes de los últimos años, con procesos de erosión en surcos y cárcavamiento en áreas que en años anteriores eran ocupadas por pastos limpios.

No obstante, las prácticas culturales en torno a la producción ganadera y de cultivos de cereales en la región persisten y dan cuenta de una comunidad dedicada durante muchos años al

sector agropecuario. Por otro lado, alrededor del 15% del área tuvo dinámicas de ganancia, donde el mayor cambio se vio reflejado por el paso de pastos limpios a pastos arbolados, manifestado en el 9% del área. Los demás cambios, que son menos representativos, se dieron en el abandono de áreas de pastos limpios y la generación de procesos de sucesión natural, dando paso a áreas de vegetación secundaria baja y bosques de galería en los casos exitosos.

Asimismo, se produjeron pequeñas ganancias en el cambio de cultivos de cereales y vegetación secundaria baja a bosques de galería. En total 62 ha del área de estudio presentaron ganancia.

Las pérdidas de coberturas denotaron los cambios más significativos en este periodo, aproximadamente el 30% del área de estudio se caracterizó por esta dinámica. Con relación a la mayor área la pérdida más representativa fue de vegetación secundaria alta a baja, seguida de vegetación secundaria alta y baja a pastos arbolados, y de bosques de galería a pastos arbolados.

De acuerdo con las entrevistas realizadas para la formulación del PMA (Cortolima, 2016), a partir del año 2001 —que coincidió según relata la comunidad con la incursión de grupos al margen de la ley— se intensificó la explotación de hidrocarburos, a lo que la comunidad atribuyó el descenso de agua. Esta dinámica coincidió con alteraciones notorias no solo en la cantidad, sino en la calidad del agua del humedal: “Es el mal más grande que pudo haber existido para secar el humedal. No debería haber sucedido, no se debió dar la licencia ambiental” (Poblador de la zona). “Había otro pozo cercano el cual al momento de la extracción el 70% era agua y el resto crudo, y esa agua venía era, pero del lago. Todo eso se lo llevaron en carrotanques y lo tuvieron que cerrar” (Participante grupo focal).

El análisis multitemporal desde el año 2001 al 2017 evidencia la pérdida de coberturas de cereales, pastos limpios, pastos arbolados, pastos enmalezados, bosque de galería, tierras desnudas y degradadas, vegetación secundaria alta y baja por la construcción de plataformas destinadas a la explotación de hidrocarburos y sus accesos, lo cual se produjo en 16,5 ha correspondientes al 4% del área de estudio. La Tabla 10 muestra los cambios de cobertura para el periodo.

Tabla 10. Dinámica de cambios de cobertura entre los años 2001 y 2017

Cobertura de la tierra		Cambios en la cobertura de la tierra	Área (ha)	Área por tipo de cambio (ha)
Año 2001	Año 2017			
2.1.2. Cereales	2.3.1. Pastos limpios	Cambio de uso agropecuario	14,42	25,50
2.3.1. Pastos limpios	2.1.2. Cereales	Cambio de uso agropecuario	11,08	
2.1.2. Cereales	2.3.3. Pastos enmalezados	Ganancia	0,72	62,00
2.1.2. Cereales	3.1.4. Bosque de galería y ripario	Ganancia	2,97	
2.1.2. Cereales	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Ganancia	0,77	
2.3.1. Pastos limpios	2.3.2. Pastos arbolados	Ganancia	35,41	
2.3.1. Pastos limpios	3.1.4. Bosque de galería y ripario	Ganancia	3,86	
2.3.1. Pastos limpios	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	Ganancia	1,08	
2.3.1. Pastos limpios	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Ganancia	7,14	
2.3.2. Pastos arbolados	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Ganancia	0,00	
2.3.3. Pastos enmalezados	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Ganancia	0,02	
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	2.3.1. Pastos limpios	Ganancia	3,86	
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	Ganancia	0,09	
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	3.1.4. Bosque de galería y ripario	Ganancia	0,44	
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Ganancia	1,41	
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	2.3.1. Pastos limpios	Ganancia	0,08	
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	2.3.2. Pastos arbolados	Ganancia	0,07	

5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Ganancia	0,01	
1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	2.3.1. Pastos limpios	Ganancia	0,37	
1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	2.3.2. Pastos arbolados	Ganancia	0,48	
1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	2.3.3. Pastos enmalezados	Ganancia	0,17	
1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	Ganancia	0,06	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	3.1.4. Bosque de galería y ripario	Ganancia	2,90	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	Ganancia	0,09	
2.1.2. Cereales	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	Pérdida	0,01	117,28
2.1.2. Cereales	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	Pérdida	0,88	
2.3.1. Pastos limpios	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	Pérdida	0,12	
2.3.1. Pastos limpios	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	Pérdida	7,81	
2.3.2. Pastos arbolados	2.3.1. Pastos limpios	Pérdida	0,51	
2.3.2. Pastos arbolados	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	Pérdida	0,03	
2.3.3. Pastos enmalezados	2.3.1. Pastos limpios	Pérdida	3,76	
2.3.3. Pastos enmalezados	2.3.2. Pastos arbolados	Pérdida	0,12	
2.3.3. Pastos enmalezados	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	Pérdida	0,04	
2.3.3. Pastos enmalezados	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	Pérdida	1,45	
3.1.4. Bosque de galería y ripario	2.1.2. Cereales	Pérdida	7,37	
3.1.4. Bosque de galería y ripario	2.3.1. Pastos limpios	Pérdida	9,36	
3.1.4. Bosque de galería y ripario	2.3.2. Pastos arbolados	Pérdida	10,77	

3.1.4. Bosque de galería y ripario	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	Pérdida	1,38	
3.1.4. Bosque de galería y ripario	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	Pérdida	2,87	
3.1.4. Bosque de galería y ripario	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Pérdida	2,07	
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	Pérdida	2,42	
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	Pérdida	8,74	
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Pérdida	0,26	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	2.1.2. Cereales	Pérdida	0,27	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	2.3.1. Pastos limpios	Pérdida	4,62	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	2.3.2. Pastos arbolados	Pérdida	11,28	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	2.3.3. Pastos enmalezados	Pérdida	0,52	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	Pérdida	1,37	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Pérdida	16,59	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	2.1.2. Cereales	Pérdida	0,24	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	2.3.1. Pastos limpios	Pérdida	2,56	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	2.3.2. Pastos arbolados	Pérdida	15,34	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	2.3.3. Pastos enmalezados	Pérdida	0,42	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	Pérdida	2,85	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	Pérdida	0,11	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	Pérdida	1,14	
2.1.2. Cereales	2.1.2. Cereales	Sin cambios	53,45	218,58

2.3.1. Pastos limpios	2.3.1. Pastos limpios	Sin cambios	105,39
2.3.2. Pastos arbolados	2.3.2. Pastos arbolados	Sin cambios	1,83
2.3.3. Pastos enmalezados	2.3.3. Pastos enmalezados	Sin cambios	9,42
3.1.4. Bosque de galería y ripario	3.1.4. Bosque de galería y ripario	Sin cambios	19,35
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	Sin cambios	11,15
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	Sin cambios	0,02
1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	Sin cambios	6,08
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	Sin cambios	5,65
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	Sin cambios	6,24

Fuente: Elaboración propia, 2017.

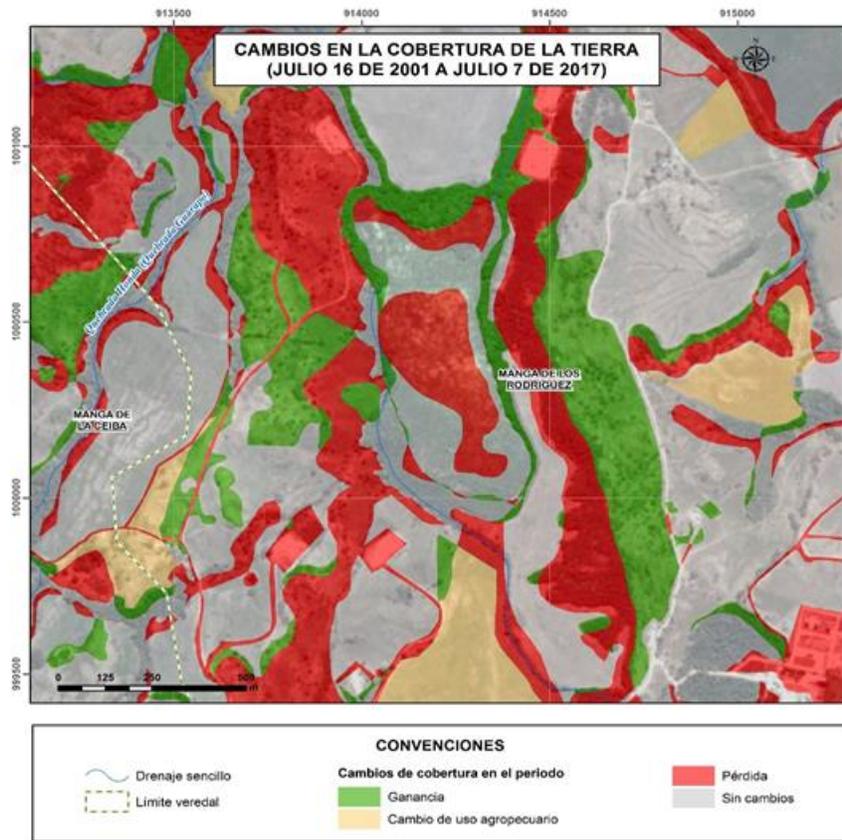
Los cultivos de cereales y los pastos limpios continuaron su avance en el territorio, transformando áreas de bosque de galería, vegetación secundaria alta y baja en un 6% del área de estudio. Es decir que la actividad agropecuaria nunca se detuvo a pesar de la incursión de actividades extractivas y continuó su ampliación en áreas de bosques y vegetación natural conservando su condición de actividad extensiva.

El espejo de agua del humedal clasificado en la categoría de lagunas, lagos y ciénagas naturales desapareció totalmente, dando lugar a vegetación acuática en 8.7 ha y a vegetación secundaria baja en 0.3 ha. De esto se deduce que el proceso de eutrofización ha alcanzado el clímax para este periodo. Los actores relevantes manifestaron que desde hace cuatro o cinco años comenzaron a ver que el espejo de agua del humedal empezó a desaparecer y se comenzó a ver gran parte de la laguna cubierta con vegetación: “Toda se veía de color verde” (Participante grupo focal).

Como se mencionó en el inicio de este apartado, el 51% del territorio no sufrió cambios en su cobertura, las áreas estables de mayor extensión fueron las de pastos limpios y cultivos de

cereales. En la Figura 8 se muestra la distribución de la dinámica de cambios en este periodo, la matriz aún sigue siendo las áreas sin cambios, pero es evidente que los parches predominantes son las pérdidas, ya no en parches pequeños sino en grandes áreas.

Figura 8. Dinámica de cambios en la cobertura de la tierra entre los años 2001 y 2017



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Frente a las pérdidas de cobertura en las áreas de bosque, la comunidad abordada lo atribuye a la pérdida del espejo de agua. Además manifiestan, con nostalgia, que la fauna de este ecosistema ha desaparecido totalmente, recordando todas las aves que se podían apreciar cuando había espejo de agua, asimismo animales como babillas, peces grandes, tortugas y garzas. Sin embargo un participante agregó: “Eso que se desaparezcán esas serpientes no importa, no ve que esas sí son bien malas, no, qué miedo” (Participante grupo focal).

De acuerdo con el PMA (Cortolima, 2016) en el año 2014 se produjo la parcelación de los predios aledaños al humedal por la venta de lotes de la empresa comunitaria El Porvenir. Por otro lado, Cortolima inició procesos sancionatorios contra los propietarios de estos predios debido al mal manejo ambiental de la zona. Lo anterior también fue manifestado por la UMATA del municipio de Piedras, ente que informó que la autoridad ambiental tiene investigaciones en contra de los propietarios de los predios y la Alcaldía de Piedras las cuales señalan a estos actores como responsables del deterioro del humedal.

Al respecto, los funcionarios de la UMATA argumentan que ni esta, ni los propietarios son los responsables de estas afectaciones debido a que las actividades que siempre se han desarrollado en las áreas cercanas al humedal son la agricultura y la ganadería las cuales no podrían generar un impacto tan grande como el de la pérdida del espejo agua.

En este periodo se evidenció la construcción de plataformas de hidrocarburos por toda el área estudiada y se mantienen en la actualidad tal como se puede observar en la Figura 9.

Figura 9. Infraestructura petrolera en el humedal Toqui-Toqui



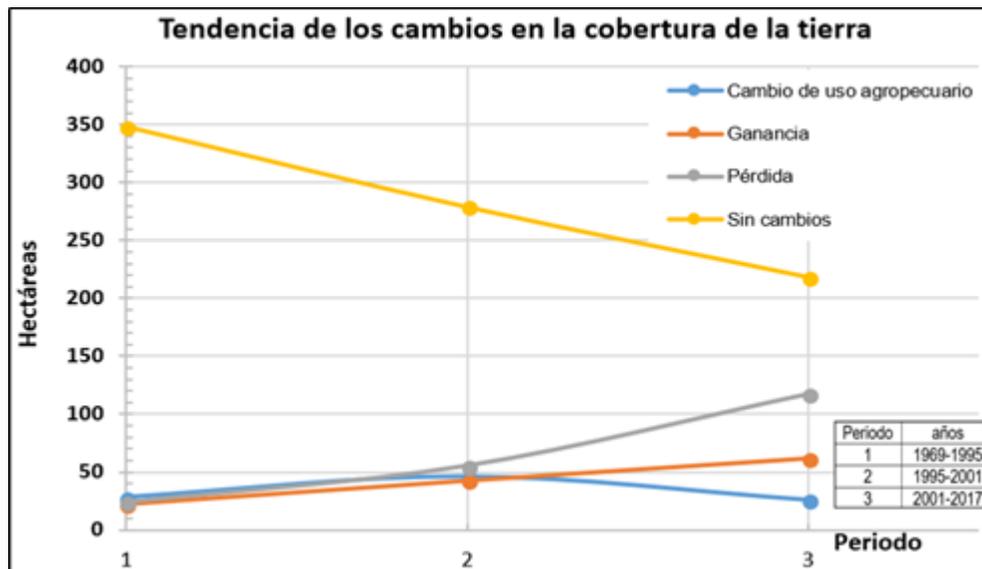
Fuente: Elaboración propia, 2018.

6.2.5. Análisis de tendencias de cambios de coberturas de la tierra.

Este análisis se fundamentó en los resultados obtenidos del análisis multitemporal de los tres períodos seleccionados. Se evidencia en él que las coberturas sin cambios periódicamente se fueron reduciendo vertiginosamente conforme al paso del tiempo dada la transformación de coberturas que creció permanentemente; de continuar esta tendencia al deterioro podría ocurrir la intercepción de las líneas sin cambios con las líneas de pérdida, lo cual significa la transformación total de las coberturas del área de estudio.

La tendencia de las pérdidas de cobertura de la tierra en los periodos analizados demuestra un comportamiento creciente, lo cual confirma la hipótesis anterior, frente a la posible transformación total de las coberturas, más aún cuando en el tercer periodo las pérdidas duplicaron el valor de las ganancias de cobertura (ver Figura 10).

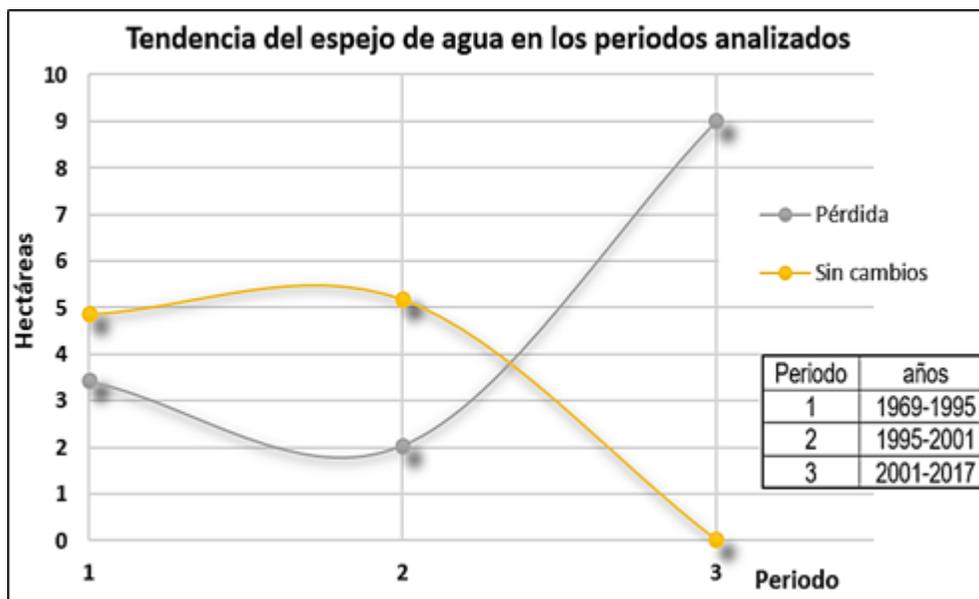
Figura 10. Tendencia de los cambios en la cobertura de la tierra



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado se evaluó la tendencia del espejo de agua, cuyo resultado es su pérdida total, especialmente cuando en julio del año 2017 se reportó el reemplazo del espejo de agua por vegetación acuática. Por lo tanto la tendencia de las áreas sin cambios tiende a cero (ver Figura 11).

Figura 11. Tendencia del espejo de agua en los periodos analizados



Fuente: Elaboración propia.

Es importante tener en cuenta que a través del tiempo las áreas que podían perder cobertura a mantenerse sin cambios eran menores debido a las transformaciones sufridas durante el primer periodo analizado que corresponde a un plazo de 26 años, el cual se considera como el punto de inicio de este análisis tendencial y que no se podría profundizar al nivel de detalle del presente estudio debido a la no disponibilidad de imágenes anteriores al año 1969.

Todas las consideraciones anteriores permiten comprender el estado actual del humedal Toqui-Toqui, siendo esta condición el punto de partida para el planteamiento de estrategias encaminadas a su recuperación y protección; lo cual es coherente con lo expuesto por Vilarly et al. (2014), quienes plantean que para entender la resiliencia de los humedales se debe hacer un análisis en el tiempo y evaluar los cambios históricos en los procesos, asunto clave para hacer

ejercicios de prospectiva que permitan identificar sus trayectorias en el futuro para la toma de decisiones:

El éxito de las intervenciones radica en la capacidad humana de anticiparse y de prepararse para el futuro, mejor de lo que pueden hacerlo los sistemas ecológicos. Esa diferencia fundamental entre el funcionamiento humano y el ecológico es significativa para comprender las actuaciones de los grupos sociales en el pasado y también cómo pueden pensar y diseñar sus actuaciones en el futuro (p. 72).

6.3. Identificación de los Impactos Ambientales Percibidos en el Humedal

Como se indicó en la Metodología, para la identificación de los impactos ambientales generados en el área de estudio durante los 48 años que van de 1969 a 2017, se relacionaron las actividades del análisis multitemporal en los periodos interpretados con la información obtenida en los recorridos, las entrevistas y las reuniones de grupo (ver Figura 12). Así se logró la interrelación de los factores antrópicos sobre las coberturas vegetales con los efectos ambientales que se presume están directamente relacionados con dichos factores en la actualidad.

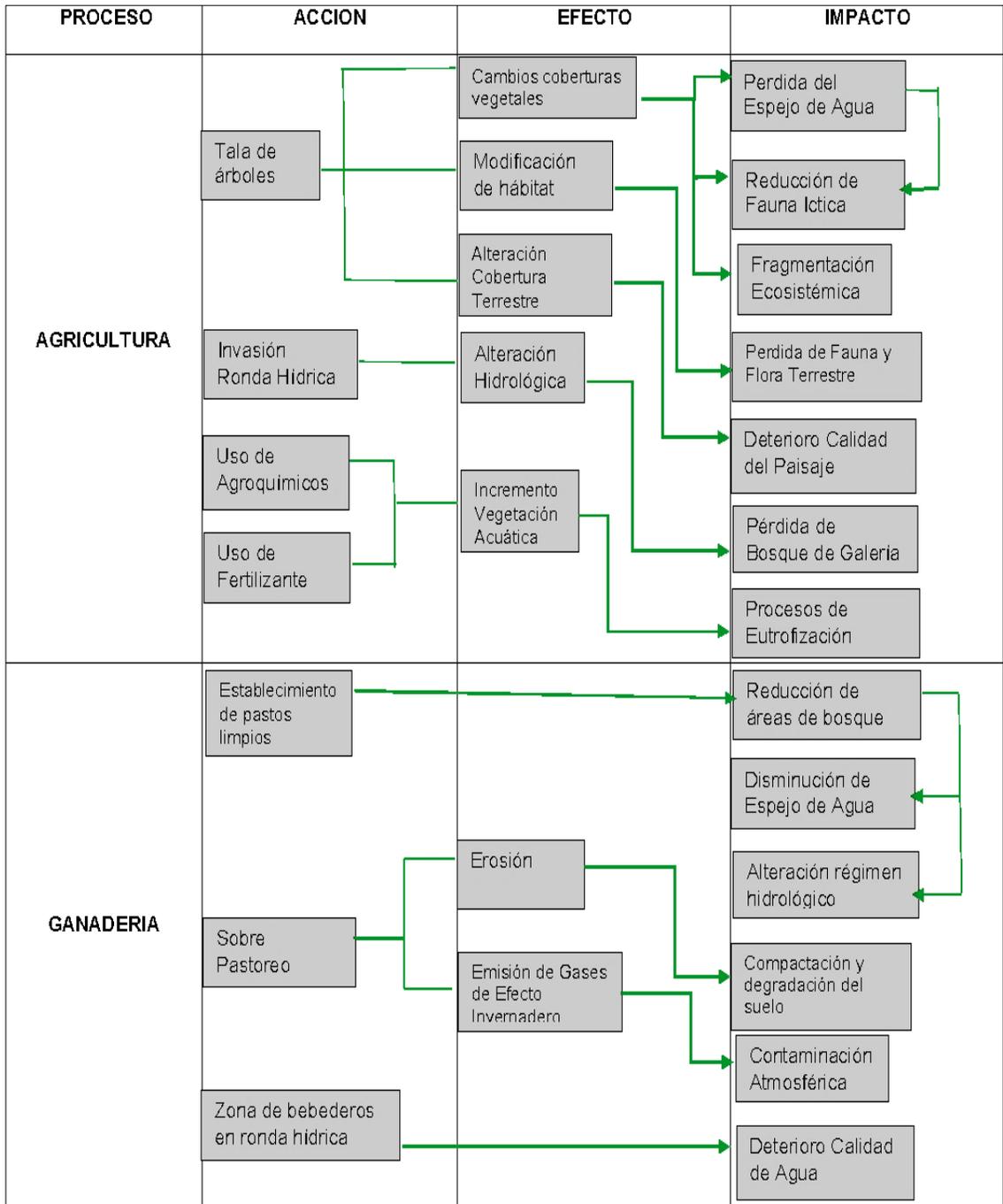
Figura 12. Registro de entrevistas y reuniones de grupo focal

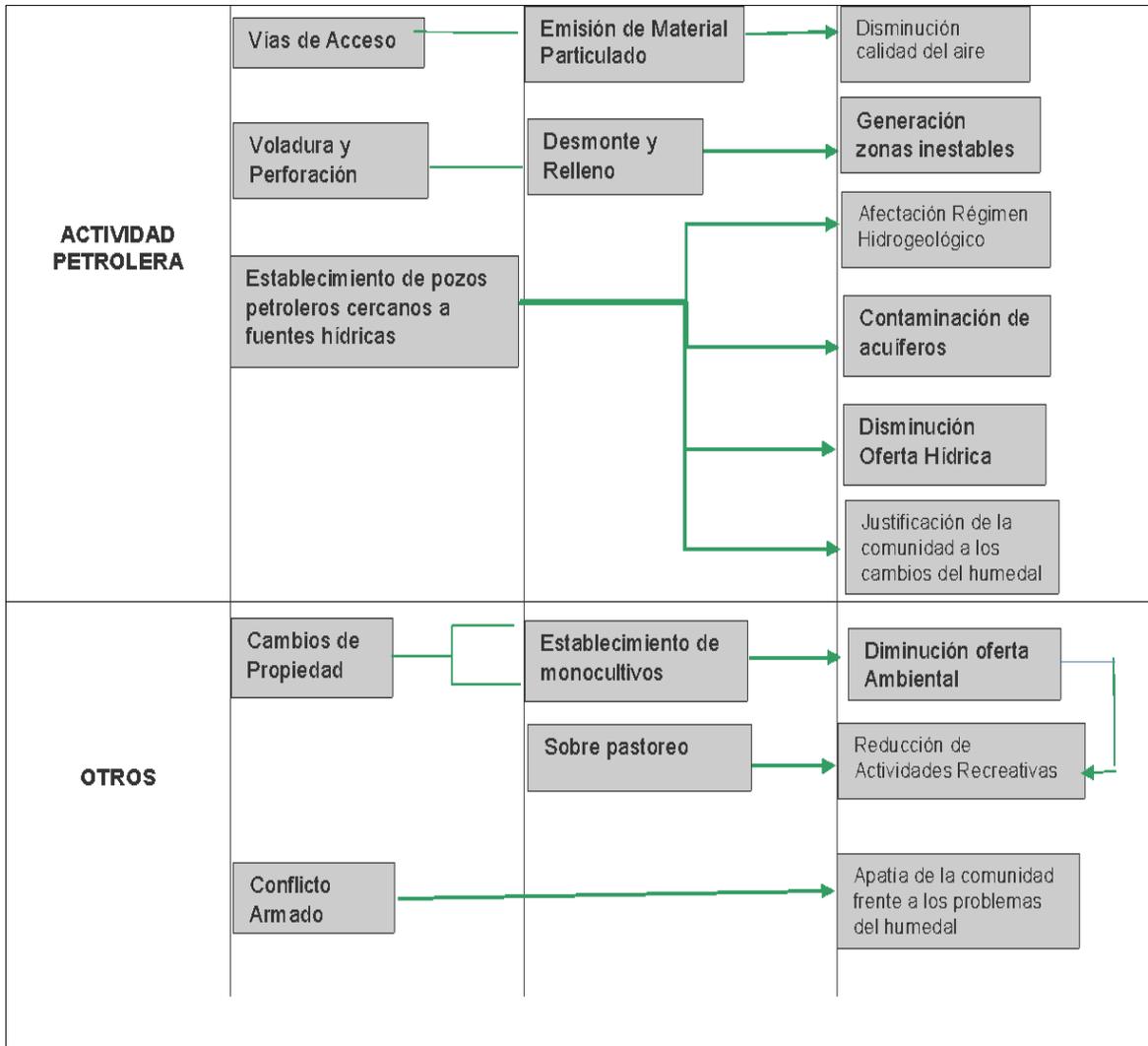


Fuente: Elaboración propia, 2018.

De las relaciones entre el análisis multitemporal y la información cuantitativa se logró la matriz causa - efecto desarrollada y ajustada (ver Figura 13). En los Anexos 2 y 3 se pueden evidenciar los instrumentos desarrollados con la comunidad: encuestas aplicadas y relatorías, respectivamente.

Figura 13. Matriz causa y efecto





Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los procesos identificados son los aspectos ambientales susceptibles de producir un impacto ambiental, actividades que han sido adoptadas culturalmente y otras introducidas por la dinámica económica del país; todos estos procesos son realizados en la zona y han generado condiciones distintas a las naturales propias del humedal, lo cual es referido en la matriz como el efecto que se materializa en impactos ambientales.

Todos los impactos ambientales identificados en la matriz recayeron sobre los factores físicos, bióticos y sociales que permiten funcionar el ecosistema, lo cual confirma que el humedal se encuentra en un gran estado de deterioro.

Así como lo relaciona Flórez (2015) en su estudio sobre los humedales altoandinos, se puede decir que también en el humedal Toqui-Toqui:

Existe un conflicto de relación entre el ecosistema y la comunidad dado principalmente por las actividades tradicionales de producción agrícola y pecuaria, por las necesidades de la demanda del mercado y por el aceleramiento de la pérdida de espejo de los humedales en la zona (p. 179).

Por último, es importante resaltar en este punto —como ya se anotó anteriormente—, que cualquier actividad que represente la pérdida de los ecosistemas de humedales a mediano y largo plazo carece de sentido desde la perspectiva de la sostenibilidad mundial (Secretaría de la Convención Ramsar, 2018).

6.4. Identificación de Estrategias que Aporten Posibilidades de Restauración

En concordancia con lo hasta aquí expuesto, se considera que es necesario propiciar prácticas ganaderas y agrícolas sostenibles que garanticen la protección del ambiente, la seguridad alimentaria y la estabilidad económica, en las cuales se priorice la educación como vehículo de transformación de costumbres y percepciones erradas acerca de los ecosistemas. De acuerdo con Vilardy et al. (2014):

Es un reto reconocer el grado de transformación de los humedales; porque podría permitir una gestión efectiva dirigida a fortalecer la resiliencia para mejorar los procesos claves del ecosistema (vía restauración, conservación, mitigación), y por ende, mejorar el suministro de servicios ecosistémicos y la disminución de la vulnerabilidad ante el riesgo tanto de diferentes fenómenos climáticos como de procesos de deterioro ecológico y social (p. 31).

En este sentido, la investigación apuntó a tal consideración, toda vez que las etapas del estudio fueron desarrolladas con el propósito de conocer el estado actual del humedal Toqui-Toqui para plantear estrategias en pro de una gestión efectiva.

Para la identificación de estrategias que aporten opciones de restauración del humedal Toqui-Toqui se realizó la sistematización de la información primaria cualitativa colectada, información que fue redactada para la posterior agrupación de respuestas coincidentes. Este ejercicio dejó como resultado una matriz base de sistematización de fuentes primarias en la cual fue posible identificar los aspectos recurrentes y no recurrentes manifestados por los actores relevantes. Así, la matriz permitió generar categorías para la estructuración de posibles alternativas de mejoramiento del humedal (ver Tabla 11).

Tabla 11. Sistematización información cualitativa – Categorías para la identificación de estrategias

Categoría	Subcategoría	Aspectos	
		Ambiental	Social
Cambio de actividades agropecuarias	Prácticas propias	La desaparición de parte de la fauna acuática imposibilitó la continuidad de las actividades de pesca y recreación que se desarrollaban en el sector.	Disminución de ingresos: las actividades de pesca ya no se pueden realizar en el sector.
	Nuevas prácticas	Cambio en la morfología del paisaje. Sustitución de áreas de vocación agrícola para actividades petroleras.	Afectaciones prediales, cambios de uso del suelo, inconformidad y demás afectaciones sociales por la incorporación de una nueva actividad.
Prácticas que impactan al ambiente	De forma directa	Afectación productividad de la tierra, calidad del agua.	Consideraciones económicas respecto del aumento de insumos agrícolas para la producción.

	De forma indirecta	Afectación de ciclos de vida de especies vegetales y animales, ciclos de nutrientes, ciclos hidrogeológicos.	Se comprometen los servicios ambientales a mediano y largo plazo. Actualmente el aumento de temperatura local y alteración del ciclo hidrológico y el cambio de cultura alrededor del humedal son los principales aspectos sociales relacionados con el humedal.
Percepción respecto a la presencia institucional	Posición autoridad ambiental	Los esfuerzos no han sido suficientes para compensar las afectaciones ya existentes.	Rechazo de la comunidad frente a posición de la autoridad ambiental: “No han hecho nada por el humedal” (Actor comunitario, 2018). Los procesos de investigación adelantados por la autoridad ambiental que involucran a la comunidad no apuntan a una solución acertada del problema.
Reconocimiento de afectaciones antrópicas	Reconocimiento de impacto ambiental	El deterioro del humedal es evidente y es el resultado de procesos multicausales de origen antrópico.	Las condiciones para la comunidad cercana o con algún grado de relación con el humedal han cambiado drásticamente. La comunidad reconoce la afectación del humedal pero no lo atribuye al desarrollo de sus actividades: “Porque no utilizamos el agua y antes la protegemos” (Actor comunitario, 2018).
	No reconocimiento del impacto ocasionado por acciones antrópicas	La condición de deterioro seguirá siendo acumulativa.	El no reconocimiento de ser parte de los procesos de afectación del humedal; hace que la comunidad tenga una posición errada frente al proceso de recuperación.

Fuente: Elaboración propia.

Se ve entonces que los disturbios antrópicos más importantes en el humedal son: (a) modificación del régimen hidrológico, (b) sistemas de producción extensiva e intensiva, (c) desarrollo industrial y urbanístico (expansión de la frontera urbana o agrícola), (d) sedimentación y colmatación, (e) contaminación (principalmente de aguas), (f) sobreexplotación de recursos hidrobiológicos, (g) desecación (por ejemplo turberas y ciénagas), (h) sequías prolongadas, e (i)

invasiones biológicas, lo que concuerda con lo dicho por GREUNAL (2012) sobre el deterioro de los humedales en Colombia. Para el humedal Toqui-Toqui en particular se debe adicionar aquí la actividad petrolera la cual es diferente a la vocación propia del territorio.

El PMA (Cortolima, 2016) plantea tres programas principales con sus respectivos proyectos, los cuales están encaminados a la ejecución de actividades de recuperación y seguimiento; dichas actividades fueron definidas en plazos de tiempo entre corto, mediano y largo.

En esta investigación se realizó la identificación del estado de cumplimiento del PMA para las actividades planificadas en un tiempo establecido como corto plazo (de 1 a 3 años), aplicando una lista de verificación de lo desarrollado.

Las fuentes de información utilizadas para la comprobación del estado de cumplimiento del plan fueron suministradas directamente por la autoridad ambiental mediante correo electrónico. Asimismo, se hizo uso de la información suministrada por funcionarios de la UMATA del municipio de Piedras y los demás actores relevantes de la presente investigación.

La consolidación de esta información parte de que solo se ha cumplido algo más de un año de implementación del PMA. El chequeo practicado frente al cumplimiento refleja un porcentaje de cumplimiento de solo el 38,46% para el primer año, respecto de lo planteado para la ejecución de actividades en el periodo establecido a corto plazo. El detalle de los resultados se puede observar en el Anexo 4 “Lista de chequeo aplicada al humedal Toqui-Toqui”.

Respecto de lo anterior se puede inferir el no cumplimiento total de las actividades de corto plazo propuestas en el PMA. Asimismo, se evidenció en el trabajo de campo realizado la poca receptividad y el desconocimiento por parte de la comunidad cercana a este ecosistema estratégico de las acciones propuestas en dicho plan.

Si bien los ecosistemas tienden a recuperarse de manera natural, es decir por sí solos, es importante relacionar lo indicado por el Grupo de Restauración Ecológica del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia (GREUNAL) en el documento “Guías Técnicas Para La Restauración Ecológica de los Ecosistemas de Colombia”:

Cuando los ecosistemas están muy degradados o destruidos, han perdido sus mecanismos de regeneración y en consecuencia, es necesario ayudarles o asistirlos en su recuperación. A estas acciones se las denomina restauración activa o asistida (sucesión dirigida o asistida). Ésta implica, que, con ayuda humana, se asista o ayude al ecosistema para garantizar el desarrollo de los procesos de recuperación y superar los tensionantes que impiden la regeneración (GREUNAL, 2012, p. 9).

Es lo que debe hacerse en el humedal Toqui-Toqui.

7. Conclusiones

La investigación describe un área de estudio destinada en los últimos 48 años para el desarrollo de cultivos extensivos de cereales y ganadería extensiva, actividades que han ocupado importantes porciones de terreno. De igual forma describe la incorporación de la actividad petrolera en la zona. Este conjunto de actividades ha cambiado de manera dramática el uso del suelo, generando la pérdida continua del espejo de agua del humedal Toqui-Toqui, los bosques de galería y la vegetación que se encontraba en proceso de sucesión natural.

Las funciones ecológicas de agua para conservación del ecosistema, hábitat para fauna silvestre y recreación y turismo del humedal, fueron afectadas y provocaron irreversibilidad en el proceso de restauración natural. Asimismo, algunos productos que se obtenían del humedal tales como vida silvestre, peces, especies de flora forrajera, árboles, entre otros, han disminuido o desaparecido toda vez que dependían del equilibrio entre los factores ambientales, sus propiedades, ciclos y funciones.

La investigación midió las disminuciones del espejo de agua a través del tiempo y corrobora su pérdida a través de la triangulación de la información suministrada por el análisis multitemporal y el trabajo de campo desarrollado en conjunto con los actores relevantes.

El espejo de agua ha desaparecido por completo y en su lugar se ha propagado la vegetación acuática, evidenciando un proceso de eutrofización que ha alcanzado el clímax en los últimos años.

No se puede determinar que la desaparición del espejo de agua sea debida, exclusivamente, a la incursión en el lugar de la explotación de hidrocarburos. Para ahondar en las causas del deterioro del humedal y en las alternativas de solución se sugiere dar continuidad a la presente investigación en lo referente a la influencia de las actividades de producción agropecuaria extensivas, así como en la influencia de las prácticas asociadas a la extracción de hidrocarburos, con un enfoque de precaución y restauración que permita reevaluar la conveniencia de dichas actividades en el territorio.

Se debe propender, a su vez, por un proceso de restauración ecológica del humedal con el concurso de todos los actores involucrados. Para ello es necesario privilegiar acciones de negociación y consenso por encima de otras de tipo punitivo, lo cual implica una revisión exhaustiva de las actividades antrópicas ejercidas en la zona del humedal.

En este sentido, puede resultar apropiada la reevaluación de actuaciones de tipo sancionatorio emprendidas sobre algunos de estos actores por cuanto las mismas no permiten el reconocimiento de los mismos como parte de los procesos de restauración, lo cual podría conducir a dificultar el proceso de recuperación del humedal. A su vez, la autoridad ambiental debe asumir la responsabilidad que le corresponde por la degradación de este ecosistema.

Es deseable, también, establecer estrategias de restauración con la participación activa de la comunidad, lo cual puede mejorar las expectativas de éxito en los procesos que se implementen. Estas acciones deben contemplar beneficios ambientales y socioeconómicos que puedan ser percibidos por la comunidad en el corto y mediano plazo. En todo caso, la protección del humedal no debe ser causante de la disminución de la calidad de vida de las poblaciones cercanas al ecosistema; por el contrario, estas estrategias deberán respetar los derechos adquiridos y promover el cumplimiento de deberes, lo cual generará lazos de confianza entre autoridades y población.

En síntesis, la investigación concluye que se deben promover las actividades de restauración del humedal Toqui-Toqui bajo una mirada integral que permita a la comunidad cercana pasar de ejercer presión sobre el ecosistema, a ser aliada de su proceso de protección.

8. Recomendaciones

A continuación se proponen cuatro estrategias que pueden aportar al mejoramiento del humedal Toqui-Toqui teniendo en cuenta las actividades antrópicas desarrolladas cerca de este ecosistema y los aspectos a mejorar de las medidas ya planteadas en el PMA.

- *Estrategia 1: Recuperación*

Para la recuperación del humedal Toqui-Toqui se deben tener presentes los enfoques propuestos en el Plan Nacional de Restauración para Colombia. En este sentido, parte de las actividades propuestas en el PMA no tienen el alcance suficiente para enfrentar los problemas de deterioro que adolece el humedal, debido a que los proyectos de este documento se hacen de manera puntual, partiendo de la premisa de la recuperación del espejo de agua promoviendo actividades de limpieza de vegetación acuática y reforestación; propuestas que se ven cortas al pretender restablecer el régimen hidrológico de este ecosistema lo cual es primordial para su recuperación. Por el contrario, se debe eliminar obras de infraestructura que impidan el flujo de agua al humedal, o tubos y canales que drenan su agua, para permitir la regulación hídrica y controlar la entrada de sedimentos, residuos sólidos y flujos contaminantes y reconfigurar la geomorfología del sitio.

La recuperación de la estructura física de este ecosistema posibilitará la reincorporación de la flora y la fauna en el humedal. Debe priorizarse la conectividad entre las mismas teniendo presente los límites o la zona de transición entre un área de humedal y otra.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se hace necesario que el gobierno local y la Corporación Autónoma Regional del Departamento del Tolima realicen las gestiones pertinentes como organismos de control ante las autoridades ambientales nacionales y demás entidades para la realización de las actividades concernientes a la recuperación del espejo de agua del humedal Toqui-Toqui, recuperando el flujo de agua desde y hacia él. Estas entidades son las llamadas a hacerlo por contar con mayores recursos y experticia.

Asimismo, las instituciones dedicadas a procesos investigativos pueden aportar dando continuidad a esta investigación en la determinación de otras causas directas derivadas de la afectación que actualmente sufre el humedal. Estos procesos especializados pueden establecer nuevos objetivos y focos de restauración y direccionar de una manera más precisa las actividades de recuperación para los componentes físicos y bióticos.

- *Estrategia 2: Cambio de actividades antrópicas del sector*

Debido a que en el humedal Toqui-Toqui las actividades antrópicas han ejercido una presión en su estructura y su función dejando un área devastada, los actores de la zona deben hacer parte de su proceso de restauración y del diseño de acciones de seguimiento y control ambiental.

Para el planteamiento de los cambios correspondientes a las actividades antrópicas desarrolladas en el sector sería oportuno la implementación de asesorías técnicas con la comunidad del área de influencia directa, principalmente con los propietarios de los predios que limitan con este ecosistema, con el fin de propiciar el establecimiento de otros cultivos en las zonas donde esto sea posible, desincentivando el monocultivo de arroz y la ganadería.

Estas asesorías deberán ser lideradas tanto por el gobierno local como el departamental, con acompañamiento constante y posibilidades de financiación, ya que el cambio de prácticas no será realizable por la comunidad en poco tiempo. De igual forma, estas asesorías técnicas deben ir acompañadas por diferentes actividades sociales que permitan generar confianza de los pobladores frente a los cambios. Esto con la demostración de que las organizaciones productivas pueden mantenerse al cambiar de cultivo o actividad logrando más rentabilidad a largo plazo.

Por otro lado, es importante mencionar que si bien la actividad petrolera está autorizada en el sector bajo una licencia ambiental, se hace necesario reevaluar por parte de la autoridad ambiental la continuidad de dichas actividades. Por lo menos se debería proceder al levante de locaciones y frentes de obra que se encuentran muy cercanos al humedal. Posteriormente con el resultado de los estudios técnicos propuestos en la Estrategia 1, se deberá definir la conveniencia o no de la actividad en la zona.

- *Estrategia 3: Presencia institucional*

Dado que la débil presencia institucional hace parte de los razones del deterioro del humedal Toqui-Toqui, que el seguimiento no adecuado de este ecosistema trajo consigo la desaparición total de su espejo de agua, y que la falta de control está ligada a las transformaciones drásticas en las coberturas vegetales y la morfología del paisaje, se hace necesario que los procesos sancionatorios generados por la autoridad ambiental del departamento, además de ser revaluados como se sugiere en la Estrategia 2, se complementen con acciones de recuperación del ecosistema, puesto que muchas de las actuaciones de los pobladores sobre el mismo tienen un componente de omisión y desconocimiento y esto no se subsana con una sanción sino más bien con la educación para la sostenibilidad y la participación.

En este sentido, es importante que Cortolima como autoridad ambiental lidere programas de educación ambiental estratégicos, impactantes y atractivos para la comunidad, con el propósito de que esta última recupere la confianza y reconozca que la autoridad ambiental de su jurisdicción es un aliado de su desarrollo local y no un enemigo y que se puede trabajar de manera conjunta en la recuperación del humedal. Asimismo, la constancia en la aplicación de dichas estrategias permitirá el reconocimiento de la comunidad de algunas actividades que son detonantes de cambios en un ecosistema y que su cambio de actitud y prácticas frente a este reconocimiento son parte del ejercicio de recuperación del humedal.

- *Estrategia 4: Monitoreo participativo*

Las actividades de monitoreo y seguimiento deberán realizarse desde las etapas iniciales de restauración con el propósito de evaluar las respuestas generadas por el ecosistema bajo la aplicación de las diferentes estrategias. Este seguimiento involucra la ejecución de actividades técnicas que deben ser contempladas de manera cronológica, como lo son los estudios de seguimiento a la hidrología (régimen de inundación), nivel freático, calidad del agua, suelo, vegetación terrestre y acuática, fauna, seguimiento a coberturas y demás aspectos de los componentes físico bióticos, los cuales son importantes para determinar los cambios del humedal, en función de las estrategias de restauración ejecutadas, y deben verificarse en

diferentes periodos de acuerdo al tiempo definido para las actividades de restauración. El seguimiento a estos componentes no está contemplado dentro de las actividades de monitoreo y seguimientos del PMA actual.

De igual forma, es preciso involucrar a la comunidad en los procesos de seguimiento y control, a partir del reconocimiento de su influencia participativa dentro del territorio. Para el logro de la participación de la comunidad cercana al humedal Toqui-Toqui se requiere desde la sensibilización exhaustiva hasta la participación de la misma en el planteamiento de las estrategias y definición de responsabilidades para su seguimiento.

Respecto del programa de pago de bienes y servicios ambientales para el ecosistema del humedal planteado en el PMA, se debe considerar que esta estrategia debe ser abordada desde las necesidades propias del ecosistema, desde lo ecológico y social, toda vez que las prácticas culturales desarrolladas no pueden ser sustituidas radicalmente por la conservación. Asimismo, es necesario que la comunidad comprenda que el pago que recibe es solo una parte de los beneficios que recibe del humedal restaurado.

Referencias

- Agencia Nacional de Licencias Ambientales ANLA. (2015). Resolución 1396 - por la cual se imponen unas medidas ambientales adicionales.
- Alcaldía de Piedras Tolima. (2011). Acuerdo 02 - Revisión final POT Municipio de Piedras.
- Arboleda, J. (2008). Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Medellín.
- Colombia. Presidencia de la República. (1974). Decreto Ley 2811. Código de los recursos naturales de Colombia. Bogotá.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. (s.f.). Identificación, caracterización, zonificación y plan de manejo del humedal Toqui-Toqui – Municipio de Piedras – Departamento del Tolima. Recuperado de: www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/humedales/Piedras/humedal_Toqui_Toqui-Piedras.PDF
- Corporación Autónoma Regional de Tolima CORTOLIMA. (2010). Plan de Manejo Ambiental del Humedal Toqui-Toqui.
- Corporación Autónoma Regional de Tolima CORTOLIMA. (2013). Plan de Gestión Ambiental Regional del Tolima 2013 -2023. Tolima. 201 p.
- Corporación Autónoma Regional de Tolima CORTOLIMA. (2015). Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Mayor del Río Totare.
- Corporación Autónoma Regional de Tolima CORTOLIMA. (2016). Plan de Manejo Ambiental del Humedal Toqui-Toqui.
- Cortés-Duque, J y J. Rodríguez-Ortíz (Comp.). (2014). Memorias simposio taller de expertos. Construcción colectiva de criterios para la delimitación de humedales: retos e implicaciones del

- país. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C. Colombia. 137 p.
- Flórez, G. (2015). Servicios ecosistémicos y variables socioambientales determinantes en ecosistemas de humedales altoandinos. Sector el ocho y páramo de letras Manizales Colombia. *Revista mexicana de ciencias agrícolas, Vol 1*, pp 173-179. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias Estado de México. México.
- Grupo de Restauración Ecológica del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia - GREUNAL. (2012). Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. Bogotá, D.C.
- Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista, Pilar. (2010). *Metodología de la investigación*. 5ª ed., Mc Grau Hill. México.
- Herrera Arango, M., Sepúlveda Lenis, M., & Aguirre Ramírez, N. (2008). Análisis sobre la aplicabilidad de las herramientas de gestión ambiental para el manejo de los humedales naturales interiores de Colombia. *Gestión y Ambiente, 11(2)*. Recuperado de <https://Revistas.Unal.Edu.Co/Index.Php/Gestion/Article/View/13973>
- IDEAM. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100 000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C. 72 p.
- Jaramillo, U., Cortés-Duque, J. y Flórez, C. (eds.). (2016). *Colombia Anfibia, un país de humedales. Volumen II*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 116 p.
- Labrador, M., Évora, J. A., & Arbelo, M. (2012). *Satélites de teledetección para la gestión del territorio*. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias. pp, 13-21. Las Palmas, España. Recuperado de www.gmrcanarias.com/wp-content/uploads/2016/01/20_catalogo_satelites_es.pdf

- Martínez-Vega, J., Martín Isabel, M. P., Díaz Montejó, J. M., López Vizoso, J. M., & Muñoz Recio, F. J. (2010). *Guía didáctica de teledetección y medio ambiente*. Red Nacional de Teledetección Ambiental. Centro de Ciencias Sociales y Humanas CSIC – España. Recuperado de www.aet.org.es/files/guia_teledeteccion_medio_ambiente.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente. (2002a). Política nacional para humedales interiores de Colombia. Bogotá, D.C.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2002b). Humedales interiores de Colombia, bases técnicas para su conservación y desarrollo sostenible. Bogotá, D.C.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). Resolución 157 de 2004 Por la cual se reglamenta el uso sostenido, conservación y manejo de humedales y se desarrollan aspectos referidos a los mismos en la aplicación de la Convención Ramsar. Bogotá, D.C.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2006). Guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales. Bogotá, D.C.
- Ministerio de Ambiente (2015). Plan Nacional de Restauración. Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas. Bogotá, D.C.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2010). Adopción de la metodología Corine Land Cover para la caracterización de las coberturas de la tierra a escala 1:100.000 en las áreas del sistema nacional de parques naturales de Colombia. Bogotá, D.C.
- Pegüero, C. (2016). *Sensores remotos y aplicaciones en teledetección*. Geodesia y gestión de recursos naturales y patrimonio natural - España. Recuperado de http://www.academia.edu/23743025/SENSORES_REMOTOS_Y_APLICACIONES_EN_TELEDETECCI%C3%93N_GEODESIA_Y_GESTI%C3%93N_DE_RECURSOS_NATURALES_Y_PATRIMONIO_NATURAL
- Ramsar. (2015). Nota informativa Ramsar 7. Convención sobre humedales. Estado de los humedales del mundo y de los servicios que prestan a las personas: una recopilación de análisis recientes.

Ramsar. (2016). *Manual de la Convención de Ramsar. Introducción a la Convención de Ramsar*. 5ª edición.

Secretaría de la Convención Ramsar. (2018). Servicios de los ecosistemas de humedales. Recuperado de: https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/services_00_s.pdf

Vilardy, S.; Jaramillo, Ú.; Flórez, C.; Cortés-Duque, J.; Estupiñán, L.; Rodríguez, J.; et al. (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 pp.

Anexos