

**EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES EN EL HUMEDAL  
EL RESBALÓN UBICADO EN EL MUNICIPIO DE COTA  
(CUNDINAMARCA)**

Autor:

Ever Ramírez Mahecha

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental

Universidad Santo Tomás  
División de Ingenierías  
Facultad de Ingeniería Ambiental  
Bogotá D.C.  
2019

**EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES EN EL HUMEDAL  
EL RESBALÓN UBICADO EN EL MUNICIPIO DE COTA  
(CUNDINAMARCA)**

Autor:

Ever Ramírez Mahecha

Director:

Jorge Mario García Santa

Msc. Administrador ambiental

Codirector:

Liliana Salazar López

Msc. Bióloga

Universidad Santo Tomás

División de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Ambiental

Bogotá D.C.

2019

## CONTENIDO

<b>Resumen .....</b>	<b>8</b>
<b>Abstrac .....</b>	<b>9</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. Objetivo general .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>12</b>
<b>3. Marco teórico.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1. Humedales .....</b>	<b>13</b>
3.1.1. Conectividad ecológica.....	13
<b>3.2. Riesgo .....</b>	<b>14</b>
3.2.1. Gestión del riesgo.....	15
3.2.2. Gestión del riesgo ambiental .....	15
3.2.3. Guías y metodologías para elaborar planes para la gestión del riesgo	16
3.2.4. Diagnóstico ambiental .....	19
3.2.5. Estrategia de manejo ambiental .....	20
<b>4. Metodología .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1. Diagnóstico ambiental del estado actual del humedal El Resbalón..</b>	<b>22</b>
<b>4.2. Identificación de las amenazas.....</b>	<b>23</b>
<b>4.3. Análisis del riesgo.....</b>	<b>23</b>
<b>4.4. Categorizar el riesgo.....</b>	<b>24</b>
<b>4.5. Diseño de la estrategia ambiental para el manejo del humedal.....</b>	<b>24</b>
<b>5. Desarrollo central.....</b>	<b>25</b>
<b>5.1. Diagnóstico ambiental del estado actual del humedal El Resbalón..</b>	<b>25</b>
5.1.1. Localización .....	25
5.1.2. <i>Climatología</i> .....	26
5.1.3. Hidrografía e hidrología .....	29
5.1.4. Flora y fauna.....	31
5.1.5. Actividades económicas .....	37

<b>5.2. Identificación de amenazas</b> .....	<b>38</b>
5.2.1. Eutrofización.....	38
5.2.2. Construcción de vías terciarias.....	40
5.2.3. Desarrollo urbanístico rural.....	42
5.2.4. Especies introducidas.....	43
5.2.5. Disposición de residuos sólidos urbanos y escombros.....	45
5.2.6. Fragmentación del humedal.....	47
5.2.7. Vertimientos agrícolas.....	49
5.2.1. Vertimientos domésticos.....	50
5.2.2. Sobre explotación de recursos naturales.....	51
5.2.3. Matriz final de la identificación de las amenazas.....	53
<b>5.3. Análisis del riesgo</b> .....	<b>55</b>
5.3.1. Severidad.....	55
5.3.2. Rango de afectación.....	57
5.3.3. Probabilidad.....	59
5.3.4. Estimación de riesgo.....	61
<b>5.4. Categorización del riesgo</b> .....	<b>62</b>
<b>5.5. Diseño de la estrategia ambiental</b> .....	<b>64</b>
5.5.1. Fragmentación del humedal.....	64
5.5.2. Especies introducidas.....	67
5.5.3. Eutrofización.....	70
5.5.4. Otros riesgos.....	72
5.5.5. Trabajo con la comunidad y las entidades.....	76
<b>6. Impacto social</b> .....	<b>77</b>
<b>7. Conclusiones</b> .....	<b>78</b>
<b>8. Recomendaciones</b> .....	<b>80</b>
<b>9. Bibliografía</b> .....	<b>81</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>86</b>
<b>Anexo 1</b> .....	<b>86</b>
<b>Anexo 2</b> .....	<b>87</b>
<b>Anexo 3</b> .....	<b>88</b>

<b>Anexo 4.....</b>	<b>89</b>
<b>Anexo 5.....</b>	<b>90</b>
<b>Anexo 6.....</b>	<b>91</b>
<b>Anexo 7.....</b>	<b>92</b>
<b>Anexo 8.....</b>	<b>93</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pg.
<b>Tabla 1.</b> Flora del humedal El Resbalón	<b>31 – 35</b>
<b>Tabla 2.</b> Fauna en el municipio de Cota (Cundinamarca).	<b>36 – 37</b>
<b>Tabla 3.</b> Identificación de amenazas en el humedal El Resbalón	<b>53 – 54</b>
<b>Tabla 3.</b> Clasificación y puntaje de la severidad en la evaluación de riesgos en humedales	<b>55</b>
<b>Tabla 4.</b> Resultados para la severidad de las amenazas del humedal El Resbalón	<b>56</b>
<b>Tabla 5.</b> Clasificación del rango de afectación	<b>57</b>
<b>Tabla 6.</b> Resultados para el rango de afectación para las amenazas del humedal El Resbalón	<b>58</b>
<b>Tabla 7.</b> Clasificación de la probabilidad	<b>59 – 60</b>
<b>Tabla 8.</b> Resultado de la probabilidad para las amenazas del humedal El Resbalón	<b>60</b>
<b>Tabla 9.</b> Estimación de riesgo para el humedal El Resbalón	<b>61</b>
<b>Tabla 10.</b> Clasificación y descripción de los riesgos	<b>63</b>
<b>Tabla 11.</b> Categorización de riesgo para el humedal El Resbalón	<b>63</b>
<b>Tabla 12.</b> Programa de manejo de la fragmentación del humedal	<b>64 – 67</b>
<b>Tabla 13.</b> Programa de manejo de las especies invasoras	<b>67 – 69</b>
<b>Tabla 14.</b> Programa de manejo de la eutrofización	<b>70 – 72</b>
<b>Tabla 15.</b> Programa de manejo de vertimientos domésticos	<b>73 – 74</b>
<b>Tabla 16.</b> Programa de manejo para la disposición de residuos sólidos urbanos y escombros	<b>74 – 76</b>

## ÍNDICE DE IMÁGENES

	Pg.
<b>Imagen 1.</b> Evaluación de riesgos en humedales según metodología del convenio RAMSAR	17
<b>Imagen 2.</b> Evaluación de riesgos por la metodología de Malekmohammadi y Rahimi	19
<b>Imagen 3.</b> Humedal El Resbalón	25
<b>Imágenes 4 y 5.</b> Espejo de agua principal del humedal El Resbalón	39
<b>Imágenes 6 y 7.</b> Río Chicú	40
<b>Imagen 8.</b> Vía principal de la vereda Parcelas	41
<b>Imágenes 9 y 10.</b> Caminos en las cercanías del humedal	41
<b>Imagen 11.</b> Viviendas dispersas rurales	43
<b>Imágenes 12 y 13.</b> asentamientos humanos, colegios y torres de energía en el humedal y sus cercanías	43
<b>Imagen 14.</b> Pasto Kikuyo en el humedal El Resbalón	44
<b>Imagen 15.</b> Retamo espinoso en las cercanías el humedal	45
<b>Imagen 16.</b> Disposición de residuos en las cercanías del humedal	46
<b>Imagen 17.</b> Escombrera a una orilla del humedal El Resbalón	46
<b>Imagen 18.</b> Pequeño fragmento del humedal (foto tomada el 5 de mayo)	48
<b>Imagen 19.</b> Pequeño fragmento del humedal (foto tomada el 29 de septiembre)	48
<b>Imagen 20.</b> Fragmentos del humedal al oeste del espejo de agua principal	49
<b>Imagen 21.</b> Vertimientos domésticos	50
<b>Imágenes 22 y 23.</b> Cultivos de papa y maíz en las cercanías del humedal	51

## RESUMEN

Los humedales son ecosistemas importantes para la región tanto a nivel local como global debido a los servicios ecosistémicos que ofrecen como: regulación climática a nivel local y global por la captura de dióxido de carbono y metano, recarga de acuíferos, control del flujo del agua, retención de sedimentos tóxicos y de nutrientes, purificación de agua, soporte de cadenas tróficas, recursos forestales, y servicios a nivel cultural e histórico; por lo tanto se hace necesario la implementación de métodos que sirvan como insumos para el manejo y la conservación de estos ecosistemas. En este trabajo se propuso la evaluación de riesgos ambientales en humedales debido a la facilidad en su metodología y los resultados que brinda; esta evaluación se realizó en el humedal El Resbalón ubicado en la vereda Parcelas en Cota (Cundinamarca) que actualmente sufre varias problemáticas como el conflicto del uso del suelo y mala calidad de agua debido a las actividades de desarrollo rural que se presentan en la vereda como agricultura, asentamientos, transmisión de energía, construcción de vías y servicios como los colegios.

Para realizar la evaluación de riesgos se tomó en cuenta la metodología propuesta en el marco para evaluar riesgos en humedales del Convenio RAMSAR, así como la metodología de Malekmohammadi y Rahimi, en resumen, estas dos metodologías comprenden de: diagnóstico del estado actual del humedal, identificación de amenazas, análisis de amenazas, categorización de riesgo y la estrategia para el manejo ambiental del humedal. Al implementar la metodología descrita se lograron identificar nueve (9) amenazas que son: fragmentación del humedal, eutrofización, construcción de vías terciarias, vertimientos domésticos, vertimientos agrícolas, sobre explotación de recursos naturales, disposición de residuos sólidos urbanos y escombros, desarrollo urbanístico rural y la introducción de especies invasoras; en donde según el análisis y la categorización los riesgos con un nivel significativo son la fragmentación del humedal, la introducción de especies invasoras y la eutrofización respectivamente por lo que la estrategia de manejo fue enfocada en controlar o mitigar estos riesgos con medidas como la mejora en la conectividad ecológica, la plantación de especies nativas, uso eficiente de fertilizantes, control y seguimiento a vertimientos entre otros, todo esto con ayuda de la comunidad aledaña al humedal y las entidades municipales para el mejoramiento del humedal y su conservación.

## **ABSTRAC**

Wetlands are important ecosystems for local and global area because the ecosystem services that it can provide as: climatic regulation, aquifer recharge, flow regime, sediments retention, water purification, forest resources, tourism. So is necessary the implementation of methods that can be used for management strategies in the conservation of wetlands. In this project suggest the environmental risk assessment for this easy method and good result that it can offer, this assessment was apply in the wetland El Resbalón located in Cota (Cundinamarca) that present many problems like: land use conflict and water quality problems for the activities development in the area as agriculture, settlement, transmission of energy, road construction and school services.

For the risk assessment was used the method proposed for Malekmohammadi and Rahimi, and the wetland risk assessment framework of Convention RAMSAR that includes risk identification, risk analysis, risk characterization and strategies for risk management. The results show that exist nine (9) threat: wetland fragmentation, road construction, domestic wastewater, agricultural wastewater, invasive species, over exploitation of natural sources, eutrophication, rural urban development and disposition of urban solid waste and the risk characterization show that the highest risk in the wetland are: wetland fragmentation, invasive species and eutrophication so the strategy for wetland conservation was focused in this risk with proposal of the following sept: enhance the ecology connectivity, plant native species , efficient use of fertilizers, control of wastewater and other ones; all with the help of the community and municipal organizations for provide the conservation of the wetland.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas con alta importancia a nivel mundial debido a la diversidad de servicios ecosistémicos que ofrecen, tales como: regulación climática a nivel local y global por la captura de dióxido de carbono y metano, regulación del flujo del agua (amortiguación de crecientes y disponibilidad de agua), tratamiento de aguas residuales, retención de nutrientes, soporte de la cadena trófica, disponibilidad de recursos forestales, además de servicios a nivel cultural e histórico [1], [2]. Pero el crecimiento de la población mundial y el desarrollo económico que se ha venido incrementando en el mundo han generado afectación en estos ecosistemas, según cifras del 2009 se han generado pérdidas del 33% de los humedales en el mundo, especialmente en Asia y Europa [3].

En el territorio colombiano se estima que existen 30.300.231 ha de humedales, en donde el 24,2% han sido transformadas por actividades de agricultura, ganadería, deforestación, floricultura, plantación forestal, urbanización, zonas quemadas, minería e infraestructura que se realizan en las cercanías del humedal o propiamente en el área del humedal [2], [4]. Los cuales causan problemas como contaminación hídrica, modificación geomorfológica del ecosistema, (fragmentación), introducción de especies exóticas y desecamiento, entre otros factores [5], [6].

El humedal El Resbalón es un ejemplo de esta problemática al presentarse diversas actividades de desarrollo económico y rural a sus alrededores tales como la agricultura, ganadería, conjuntos residenciales, industrias y servicios como campos de recreación y colegios [7]; lo cual ha ocasionado diversas afectaciones que requieren acciones para mitigar y controlar los impactos, por lo cual se propuso la evaluación de riesgos ambientales para dicho humedal con el fin de identificar y analizar los diferentes riesgos que se encuentran o están presentes en el humedal y que puedan ocasionar afectaciones significativas y proponer estrategias de manejo para riesgos analizados, buscando la conservación del ecosistema y aumentando sus servicios ecosistémicos [8]. En la evaluación de riesgos se siguió la metodología propuesta por Malekmohammadi y Rahimi [9] y también se utilizó el marco para evaluar riesgos ambientales del Convenio RAMSAR [10]; estas dos metodologías proponen un diagnóstico del estado actual del humedal para identificar los riesgos, analizarlos y categorizarlos respectivamente, y finalmente proponer la estrategia de manejo ambiental para manejar, controlar o mitigar los riesgos analizados.

En la evaluación de riesgos para el humedal El Resbalón se encontraron nueve (9) amenazas que tienen afectaciones significativas, las cuales son: eutrofización, desarrollo urbanístico rural, disposición de residuos sólidos urbanos y escombros, construcción de vías terciarias, fragmentación de humedal, vertimientos domésticos, vertimientos agrícolas, especies introducidas y la sobre explotación de recursos naturales; de los cuales en el análisis de riesgos se encontró que el riesgo con el nivel más alto es la fragmentación del humedal que generaría la desaparición de este y que se puede presentar en toda el área del humedal y los ecosistemas circundantes; seguido a este se encuentra la introducción de especies invasoras como el pasto kikuyo y el retamo espinoso, que ocasionan una pérdida de la biodiversidad nativa del humedal dada su capacidad de competencia por los recursos y fácil esparcimiento por el área del humedal y sus alrededores; por último se encuentra la eutrofización que se presenta en gran parte del humedal ocasionando una disminución en la calidad del agua y pérdida del espejo de agua.

Finalmente, para la estrategia de manejo ambiental se tomaron en cuenta los riesgos que presentaron el mayor nivel de riesgo para proponer las medidas correspondientes y lograr la disminución o control de estos; algunas de las medidas están relacionadas con mejorar la conectividad ecológica de las partes fragmentadas del humedal, corredores ecológicos, control sobre los vertimientos, la implementación de nuevas prácticas agrícolas como el eficiente uso de fertilizantes y pesticidas para controlar la eutrofización, entre otras; a su vez se generó un enfoque a trabajos con la comunidad cercana y las entidades municipales para generar así un sentido de pertenencia que ayude al mejoramiento y la conservación del humedal.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar los riesgos ambientales del humedal El Resbalón ubicado en el municipio de Cota (Cundinamarca).

### **2.2. Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico ambiental del estado actual del humedal El Resbalón.
- Analizar los riesgos ambientales que tengan una potencial afectación en el humedal El Resbalón.
- Diseñar una estrategia ambiental para el manejo del humedal El Resbalón.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Humedales**

Son terrenos saturados con agua que combinan las características de ecosistemas terrestres y acuáticos, puede soportar las comunidades biológicas acuáticas y terrestres dependiendo de cómo sea la interacción entre el agua y el suelo; pero en su mayoría se encuentran especies relacionadas con el medio acuático [11]. Estos pueden variar ampliamente por las características que posea el suelo, así como la topografía, el suelo o sustrato, condiciones climáticas, hidrología, química del agua y la vegetación presente [12].

La estructura básica de un humedal en general se compone de 3 zonas [13]:

- Zona alta: es tierra firme alrededor del humedal, en donde se pueden encontrar árboles, hierbas y otros tipos de vegetación ligados a la parte principalmente terrestre.
- Zona ribereña: es una franja de tierra donde se empieza a dar la transición a la zona acuática, en esta se pueden encontrar diferentes tipos de vegetación como hierbas y arbustos.
- Zona acuática: es la zona húmeda del ecosistema, esta puede ser profunda con una gran cantidad de aguas abiertas o puede ser muy superficial. En esta parte se encuentra la vegetación acuática del humedal.

La importancia de los humedales radica en que tienen un papel importante en la regulación climática tanto global como local por su capacidad de capturar dióxido de carbono y metano, también son capaces de recargar de acuíferos de agua subterránea, regulan el movimiento del agua y tienen la capacidad de purificar el agua, además de que se puede encontrar una gran variedad de especies. También ofrecen espacios para el turismo y la recreación [2], [6], [14].

##### **3.1.1. Conectividad ecológica**

La conectividad ecológica se define como la capacidad que tiene una población para relacionarse con los individuos de otra población en un territorio fragmentado, es

decir, un intercambio de individuos entre ecosistemas similares en un paisaje fragmentado, aumentando así la tasa de colonización. Esta es una herramienta que ha sido usada para la conservación entre varios ecosistemas de interés [15].

En el caso de los humedales se relacionan espacialmente la conectividad que posee con otros humedales para el tránsito de comunidades y la preservación de estos y como se relacionan a pesar de estar fragmentados por zonas urbanizadas [15].

Con la conectividad ecológica se pueden identificar las amenazas que puede sufrir un ecosistema como es el caso de los humedales, en donde al saber cómo se genera la interacción de cierta comunidad en un humedal y su relación con ecosistemas similares se puede identificar su fragmentación o algún otro tipo de obstáculo que impida su conexión con otros ecosistemas [9], [15].

### **3.2. Riesgo**

El riesgo se define como la probabilidad de que suceda un evento que genera un impacto sobre los objetos, en el caso del ambiente se genera una perturbación sobre los factores ambientales que lleva a la degradación del mismo y la gestión del riesgo busca disminuir los impactos que se generan al suceder ese riesgo y es manejado según el contexto donde se utilice [16].

Hay diferentes maneras para analizar y estimar el riesgo, de manera general el riesgo depende de dos variables la vulnerabilidad y la amenaza que se describen a continuación:

- **Amenaza:** es la probabilidad de que se presente un fenómeno bien sea natural o antrópico, el cual se encuentra presente en un lugar específico y se puede generar en un periodo de tiempo definido superando cierta magnitud [17]. Desde el punto de vista ecológico son todos los eventos de tipo físico, químico o biológico que pueden generar cambios desfavorables en las características o servicios de un ecosistema [9].
- **Vulnerabilidad:** es la propensión de los bienes, sociales, económicos y ambientales a sufrir daños por la ocurrencia de un fenómeno amenazante específico [17].

- Riesgo: se define como la relación entre la vulnerabilidad y la amenaza.

$$\text{Riesgo} = \text{Vulnerabilidad} * \text{Amenaza}$$

### **3.2.1. Gestión del riesgo**

La gestión del riesgo puede diferir en conceptos según el enfoque que se dé (empresarial, municipal o ambiental) pero básicamente consiste en calcular el riesgo de las amenazas presentes que puedan ocasionar daños en lugares vulnerables con el fin de establecer medidas para su control o mitigación tanto como para el riesgo presente y el riesgo futuro, es decir, se orienta al aprovechamiento de las oportunidades potenciales al tiempo que se manejan los efectos adversos [16].

Por ejemplo, a nivel municipal la gestión del riesgo es un proceso social y político que busca controlar los procesos de creación o construcción de riesgo o disminuir el riesgo existente para fortalecer los procesos de desarrollo sostenible y la seguridad integral de la población [17].

La gestión del riesgo es un proceso que involucra a todo el mundo y se debe establecer desde la sinergia entre varios sectores con el fin de recolectar la información necesaria para el cálculo del riesgo, así como las reservas o recursos que son necesarias en la construcción del proceso de gestión [17].

### **3.2.2. Gestión del riesgo ambiental**

En el proceso de la gestión de riesgo ambiental se fundamenta en disminuir los riesgos que son causados en forma natural o por acción antrópica que puedan ocasionar daños en el ambiente y según la norma técnica colombiana NTC – ISO 14001 se define por dos partes principales, la definición de posibles escenarios y la definición de las consecuencias de los escenarios [18].

En el caso de los humedales, la gestión del riesgo ambiental busca identificar los eventos o causas que pueden generar cambios desfavorables en el ecosistema y su área de influencia, por medio de un proceso de gestión que comprende la identificación, análisis y evaluación del riesgo, con el fin de disminuir estos cambios [10].

### 3.2.3. Guías y metodologías para elaborar planes para la gestión del riesgo

Actualmente existen varias metodologías para la elaboración de planes para la gestión del riesgo, en el ámbito internacional se encuentra la UNE 150008:2009 que se basa en un proceso de gestión partiendo desde las consideraciones previas, el análisis de riesgo ambiental que se hace por medio de árboles de fallos y consecuencias, teniendo en cuenta los sucesos iniciadores, luego se estima el nivel del riesgo relacionando la probabilidad, la frecuencia y la gravedad de las consecuencias. Finalmente se hace la evaluación para la toma de decisiones según la tolerabilidad del riesgo y se le asigna una medida para su disminución o control [19].

- **GTC 104:2009**

En el ámbito nacional se encuentra la GTC 104:2009 para elaborar un proceso de gestión del riesgo ambiental, cuyo proceso empieza por el contexto interno y externo de la organización, luego se identifican las fuentes de riesgo que son las amenazas, peligros y accidentes potenciales que pueden suceder, y se identifica las consecuencias de los mismos. Luego se analiza los riesgos en términos de posibilidad y consecuencias para determinar el nivel del riesgo; así como su incertidumbre. Después se evalúan los riesgos para la toma de decisiones, priorizando los riesgos analizados y aplicando las medidas necesarias para su reducción y control. Finalmente, se establece un sistema de seguimiento y revisión para todo el proceso de la gestión del riesgo [16].

- **Marco para evaluar riesgos en humedales del Convenio RAMSAR**

Para el caso específico de los humedales se tiene el marco para evaluar riesgos en humedales del convenio RAMSAR que será usado como la base principal para la evaluación de los riesgos ambientales con algunas modificaciones de la literatura, esta se describe a continuación [10]:

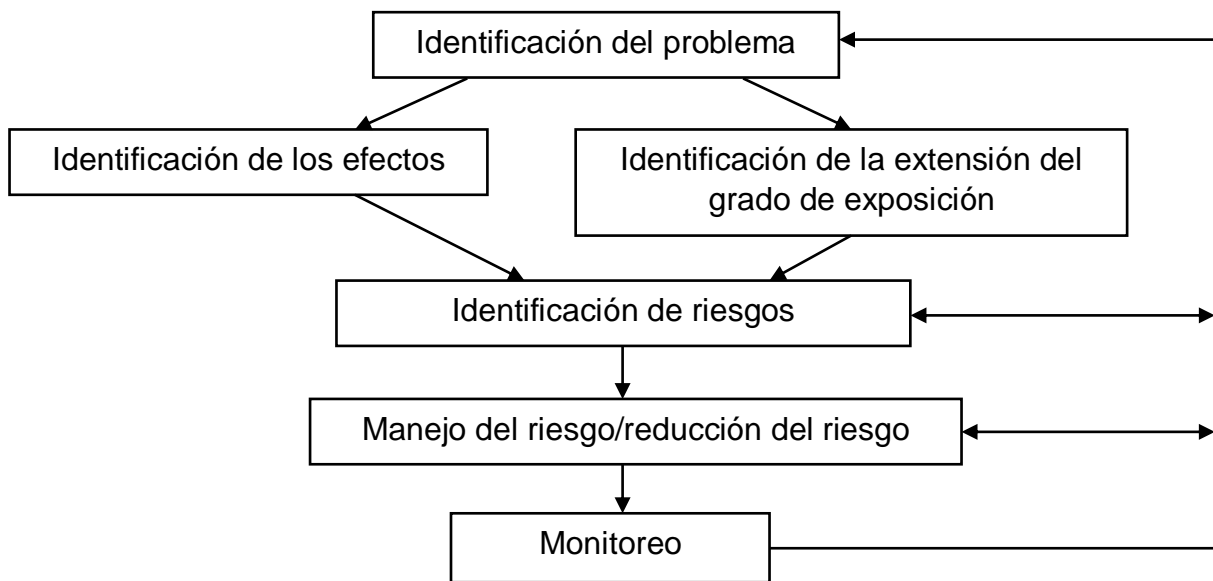
- **Identificación del problema:** se definen los objetivos y el alcance de la evaluación del riesgo, además se identifica la problemática que presenta actualmente el humedal. Es la base donde se sustenta todo el plan de gestión.
- **Identificación de los efectos adversos:** se evalúan los posibles cambios o impactos desfavorables en el humedal con datos tomados en

campo, estos datos dependiendo del alcance y los recursos disponibles pueden ser basados en experimentos cuantitativos u observaciones cualitativas.

- **Identificación del grado de exposición:** se estima el comportamiento y la medida del problema identificado, es decir, como se comportan en el tiempo y espacio las amenazas en el humedal.
- **Identificación de riesgo:** se integran los resultados de la evaluación de los posibles efectos adversos con los del grado de exposición, con el fin de estimar el potencial cambio ecológico desfavorable en el humedal. En el marco se recomienda hacer una estimación del riesgo basado en SIG.
- **Gestión y reducción del riesgo:** es la toma de decisiones en las medidas que se van a implementar para el tratamiento del riesgo, se procura reducir los riesgos al mínimo sin comprometer otros valores sociales, comunitarios o ambientales.
- **Monitoreo:** se verifica la eficacia de las decisiones en material de la gestión del riesgo para detectar cambios o modificaciones que se deban ejecutar en las medidas planteadas (indicadores de alerta temprana).

A continuación, se presenta el esquema que sigue esta metodología en el proceso de evaluación del riesgo.

**Imagen 2.** Evaluación de riesgos en humedales según metodología del convenio RAMSAR.



Fuente: autor, basado en el Marco para evaluar riesgos en humedales, [10]

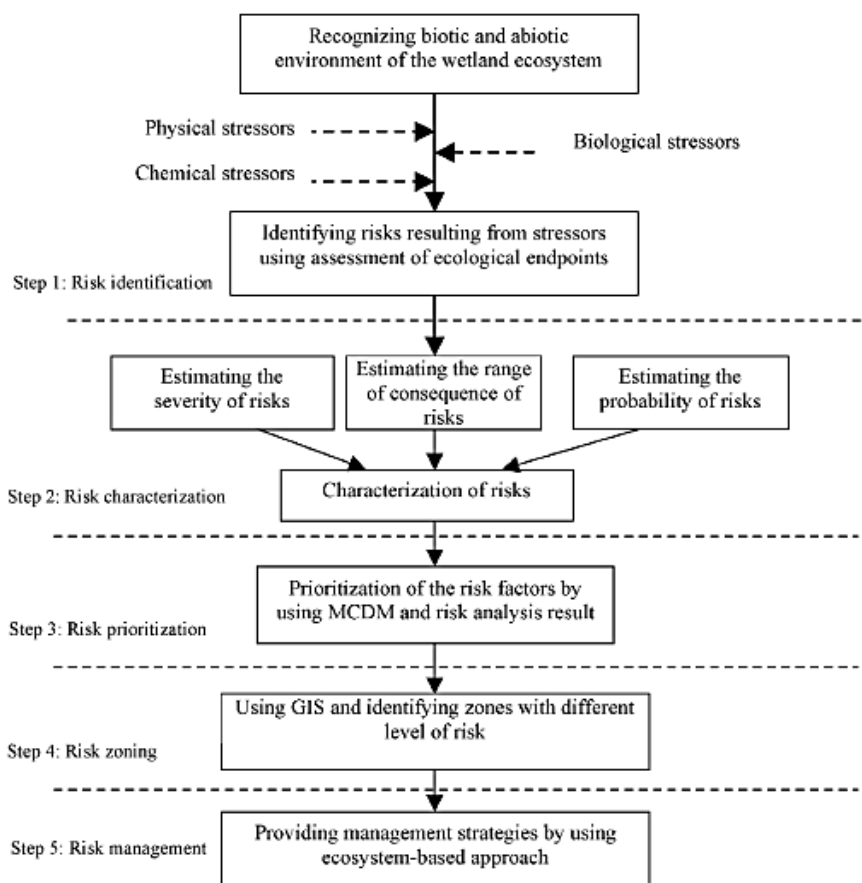
- **Evaluación de riesgos ecológicos en humedales usando análisis multi criterio y sistemas de información geográfica (SIG)**

Este artículo realizado por Malekmohammadi y Rahimi [9] se estableció una metodología para evaluar riesgos en un humedal, en donde el riesgo se establece por medio de tres variables, la severidad de las amenazas, la probabilidad y el rango de afectación sobre los servicios ecosistémicos que ofrece el humedal (factores vulnerables), esta metodología comprende de:

- **Identificación de los riesgos:** se identifican los servicios ecosistémicos (puntos ecológicos) importantes que ofrece el humedal y que son vulnerables a ser afectados por amenazas, o bien aquellos servicios que necesitan de protección o mejora y se identifican los riesgos que están asociados a esos servicios.
- **Caracterización del riesgo:** se analiza el riesgo de acuerdo a la severidad, probabilidad y consecuencias, donde son clasificados desde muy bajos a muy altos de acuerdo con el puntaje que han sido tomados en la literatura y de las opiniones de expertos en el tema. Y para determinar el total del riesgo se relaciona el resultado de la severidad, la probabilidad y el rango de afectación para establecer el nivel de riesgo.
- **Priorización del riesgo:** de acuerdo al análisis realizado se clasifican los riesgos más significativos y que se deben tratar con prioridad por medio de un proceso de jerarquización analítica (AHP) el cual determina el peso que posee cada amenaza según el veredicto de un grupo de expertos.
- **Zonificación del riesgo:** por medio de sistemas de información geográfica se realiza una zonificación con los diferentes niveles de riesgo que existen en el humedal.
- **Manejo del riesgo:** se proveen las mejores estrategias para minimizar o controlar los riesgos que se han encontrado y analizado.

A continuación, se presenta el esquema del proceso de evaluación del riesgo que utiliza esta metodología.

**Imagen 3.** Evaluación de riesgos por la metodología de Malekmohammadi y Rahimi.



Fuente: Ecological risk assessment of wetland ecosystems using Multi Criteria Decision Making and Geographic Information System [9].

### 3.2.4. Diagnóstico ambiental

El diagnóstico ambiental se realizó basado en la metodología de Malekmohammadi y Rahimi y en algunos aspectos que se usan en los planes de manejo ambiental para humedales según la resolución 196 de 2006 del Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible; las variables consideradas fueron las siguientes [10], [20]:

- **Localización:** ubicación geográfica de donde está ubicado el humedal y las características generales tanto del sitio como del humedal.

- **Climatología:** comprende de toda la información meteorológica de la zona donde está ubicada el humedal con variables como: precipitación, brillo solar, velocidad del viento, temperatura, humedad, entre otros.
- **Hidrografía e hidrología:** son todas las características hidrológicas que posee el río al cual pertenece el humedal analizado, así como las características específicas del humedal y su estado actual.
- **Flora y fauna:** esta es la parte del componente biótico en donde se identifican todas las especies que habitan actualmente en el humedal y la biodiversidad que presenta.
- **Actividades económicas:** es un componente necesario para dar a conocer las actividades antrópicas que se desarrollan en los alrededores del humedal o en el humedal directamente.

### 3.2.5. Estrategia ambiental de manejo

En la estrategia de manejo ambiental se plantean un modelo de fichas donde se diseña el tipo de estrategia para el manejo de los riesgos en un humedal que va desde el planteamiento de objetivos, metas hasta la asignación de medidas como tal y su respectivo monitoreo, a continuación, se muestra el contenido de las fichas [21], [22].

- **Objetivos:** define la meta buscada al formular la medida.
- **Metas:** son maneras de medir el desempeño de la medida el cual se basa en el objetivo planteado y que es necesario para alcanzar dichos objetivos.
- **Afectaciones a controlar y/o mitigar:** se nombran todos aquellos efectos que se buscan controlar y/o mitigar al aplicar la estrategia de manejo.
- **Localización:** define el ámbito de aplicación del programa.
- **Medidas de Manejo:** (acciones a desarrollar) Corresponde a la descripción de las acciones que se deben realizar en cada una de las actividades del proyecto con el fin de evitar, disminuir o atenuar los efectos previstos.
- **Monitoreo:** son todos aquellos lineamientos que se deben seguir para las opciones de mejora o cambios en el programa diseñado, dependiendo del resultado de los indicadores de seguimiento, para lo cual se usan indicadores que indiquen el avance de las medidas propuestas.

- **Indicadores para el seguimiento del programa:** es una representación simplificada que busca resumir un concepto multidimensional, estos pueden ser de carácter cuantitativo o cualitativo [23].
- **Responsables:** se asigna quienes serán los encargados de implementar y realizar el programa de monitoreo y seguimiento a los programas, así como la ayuda que podrían estos recibir.

## **4. METODOLOGÍA**

La metodología que se usó para el desarrollo de la investigación fue compuesta por 5 fases con sus respectivas actividades para cumplir los objetivos propuestos, estas fases se describen a continuación:

### **4.1. Diagnóstico ambiental del estado actual del humedal El Resbalón.**

En este caso en el diagnóstico se tuvo en cuenta variables como hidrología, meteorología, flora y fauna; y las actividades económicas que se realizan en las cercanías del humedal o en el humedal directamente, todos ellos tomados de información secundaria. Y se realizaron las siguientes actividades:

- Búsqueda de estudios en bases de datos como Science Direct, Ebsco, la base de datos de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) ,así como las bases de datos de algunas universidades; información geográfica de la CAR Cundinamarca y del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en formato digital; y observaciones de campo por medio de fotografías, recorridos e información de la comunidad para determinar el estado actual del humedal.
- Identificación los problemas que afectan al humedal actualmente mediante información secundaria (estudios del humedal El Resbalón) y observaciones de campo con recopilación de fotográficas, anotaciones e información de la comunidad.
- Se realizaron cuatro visitas de campo en total donde se tomaron registros fotográficos y anotaciones de lo observado en campo.
- Realización del diagnóstico ambiental del humedal con la información reunida que comprende de: localización, climatología, hidrología e hidrografía, flora y fauna, y actividades económicas.

## **4.2. Identificación de las amenazas.**

En la identificación de las amenazas se desarrollaron las siguientes actividades:

- Mediante observaciones de campo e información secundaria (bases de datos) se identificaron las posibles amenazas que afecten de manera desfavorable las características ambientales del humedal, estas características serán los principales valores y funciones que posee el ecosistema y que deben ser conservados.
- Identificación de cuáles son las características propias del humedal susceptibles a sufrir daños al desatarse una amenaza.
- Determinación de las afectaciones que pueden ocasionar las amenazas encontradas.
- Estimación del rango de afectación de las amenazas.

## **4.3. Análisis del riesgo.**

Para el análisis del riesgo en el humedal se desarrollaron las siguientes actividades:

- Modificación del análisis semicuantitativo planteado por Malekmohammadi y Rahimi [9], para ajustarlo a los recursos disponibles para el proyecto, a continuación, una descripción corta del análisis:
  - Se analiza el riesgo de acuerdo a la severidad, probabilidad y el rango de afectación, donde son clasificados desde muy bajos a muy altos de acuerdo con el puntaje que han sido tomados en la literatura y de las opiniones de expertos en el tema. Y para determinar el total del riesgo se relaciona el resultado de la severidad, la probabilidad y las consecuencias para establecer el nivel de riesgo.
  - La variación en la metodología propuesta por Malekmohammadi y Rahimi [9] se encuentra en que no se usó el proceso de jerarquización

analítica (AHP por sus siglas en inglés) ya que no se contaba con el software y recursos necesarios para hacer uso de este tipo de jerarquización, además se omitió la modelación espacial de los riesgos debido a la falta de información geográfica para algunas amenazas.

- Se aplicó el análisis modificado, en donde se determinó el puntaje de las amenazas encontradas en la fase anterior basándose en la severidad, el rango de afectación y la probabilidad.
- Estimación del valor final de riesgo según el método de Malekmohammadi y Rahimi [9] y organizar la información mediante matrices.

#### **4.4. Categorizar el riesgo.**

Para categorizar el riesgo se desarrollaron las siguientes actividades:

- Mediante matrices se jerarquizaron los riesgos encontrados según los resultados en la fase de análisis para determinar cuáles son los riesgos principales que afectan al humedal.

#### **4.5. Diseño de la estrategia ambiental para el manejo del humedal.**

Para el diseño de la estrategia de manejo se desarrollaron las siguientes actividades:

- Se realizó una búsqueda de las estrategias de manejo que se implementan en los humedales según la bibliografía.
- Para los riesgos más relevantes según los resultados de la valoración y la caracterización se diseñó una estrategia ambiental para el manejo del ecosistema con el fin de mitigar o controlar el riesgo.

## 5. DESARROLLO CENTRAL

### 5.1. Diagnóstico ambiental del estado actual del humedal El Resbalón

#### 5.1.1. Localización

El humedal está ubicado en la vereda Parcelas del municipio de Cota (Cundinamarca) a una altitud de 2566 msnm (ver mapa en anexo 1 “localización del humedal el Resbalón”), queda aproximadamente a 1 km de la carretera Bogotá – Cota. Este hace parte de la zona aluvial y a la estructura del río Chicú, es considerado como un humedal del altiplano Cundiboyacense, tiene una topografía plana con pendientes del 2%, posee una superficie inundable aproximada de 8,8 ha, su espejo de agua abarca 2900 m<sup>2</sup> con un perímetro de 388 m y es uno de los que regulan las crecientes que se presentan en el río Chicú en épocas de lluvia, fijación de dióxido de carbono, es usado como fuente de abastecimiento para el riego de cultivos, entre otros servicios [7]. El humedal El Resbalón se clasifica según los criterios RAMSAR (adoptada por la Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia), como un humedal local de: 1. Ámbito interno, 2. Sistema palustre, 3. Subsistema permanente, 4. Clase emergente, 5. Subclase pantanos y ciénagas dulces permanentes [24], [25].

**Imagen 1.** Humedal El Resbalón.



Fuente: Autor.

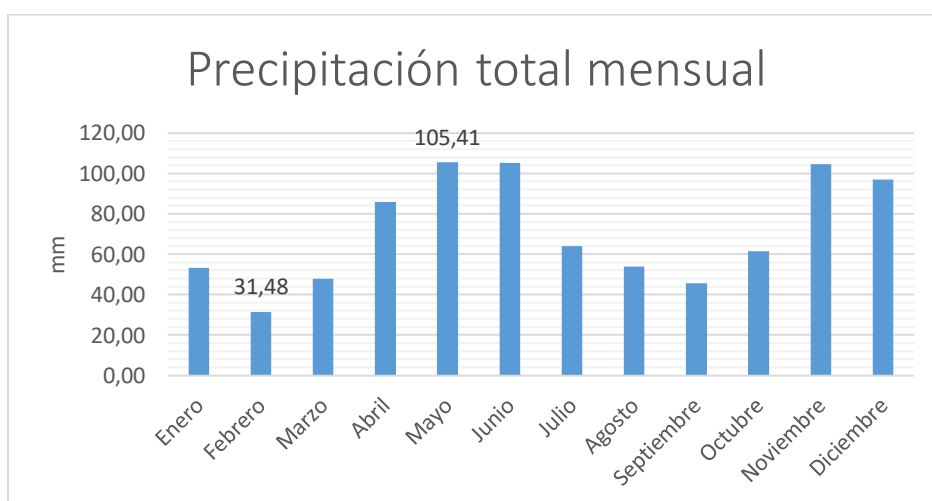
### 5.1.2. Climatología

Para determinar el comportamiento de las variables meteorológicas se utilizaron los datos proporcionados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de la estación climática ordinaria Providencia Granja (código: 21205980) ubicada en las coordenadas: 4,792388889, -74,20091667; a una altura de 2560 msnm. Esta estación es la más cercana al humedal El Resbalón y que a su vez posee datos completos, existen estaciones más cercanas pero los datos poseen muchas inconsistencias.

#### - Precipitación

La precipitación esta influenciada por el desplazamiento de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) donde se desplazan vientos cargados de humedad en el trópico [26]. En el caso del municipio de Cota como se puede ver en la gráfica 1. Se observa un comportamiento bimodal que se compone por 2 periodos de lluvia y 2 periodos con tendencia seca; el primer periodo donde se presenta mayor cantidad en precipitación se da en los meses de abril, mayo y junio con un valor máximo de 105 mm, el segundo periodo se da en los meses de octubre, noviembre y diciembre con un valor máximo de 104 mm; los periodos con tendencia seca se da el primero en enero, febrero y marzo con un valor mínimo de 31 mm en el mes de febrero y el segundo en julio, agosto y septiembre con un valor mínimo de 45 mm.

**Grafica 1.** Precipitación total mensual.

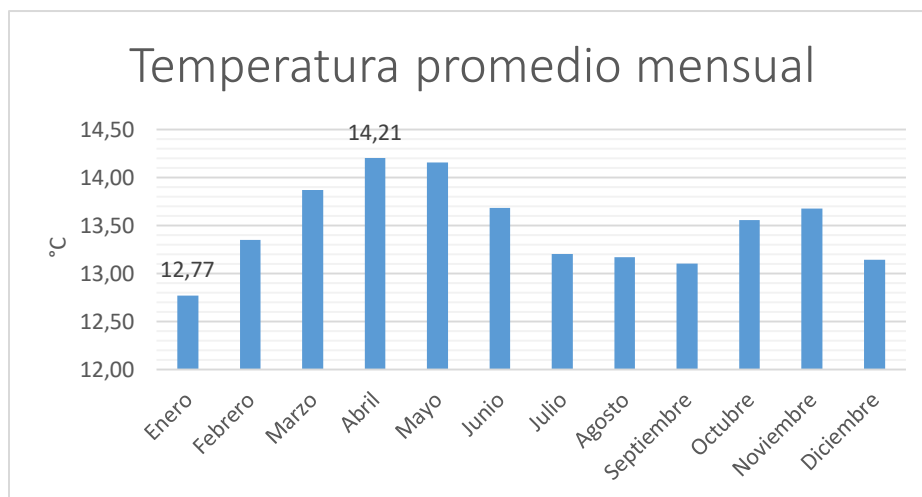


Fuente: Autor, basado en datos del IDEAM.

## - Temperatura

La temperatura según los datos de la estación meteorológica oscila entre 5 °C y 20 °C con una media de aproximadamente 13,5 °C. En la gráfica se puede observar un comportamiento bimodal al igual que la precipitación, donde los meses más fríos se presentan en enero, febrero y diciembre con una temperatura mínima de 5,1 °C registrada en enero influenciado por la temporada de vientos que se da en esos meses o por otros fenómenos meteorológicos como las heladas.

**Grafica 4.** Temperatura promedio mensual.

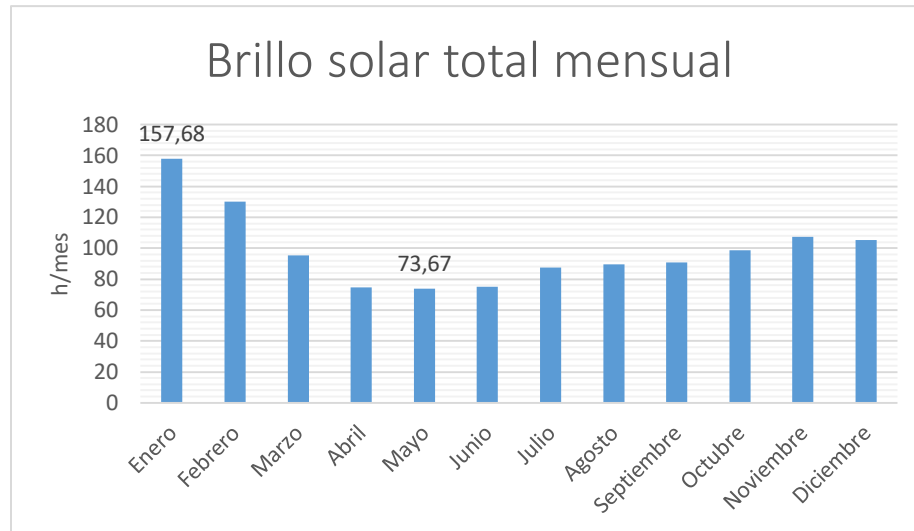


Fuente: Autor, basado en datos del IDEAM.

## - Brillo solar

El brillo solar es la cantidad de horas que brilla el sol, este se ve muy influenciado por la nubosidad y la precipitación [27]. En la estación se registra un comportamiento monomodal, en donde el mes de enero tiene el valor más elevado de brillo solar seguido de febrero, esto concuerda con los datos de precipitación que se observó en la gráfica 5 debido a que son los meses que presentan menos lluvias, es decir, menos nubosidad; en cambio los meses de abril, mayo y junio son los que registran los valores más bajos de brillo solar debido a la alta nubosidad que se da por las temporadas de lluvias.

**Grafica 5.** Brillo solar total mensual.

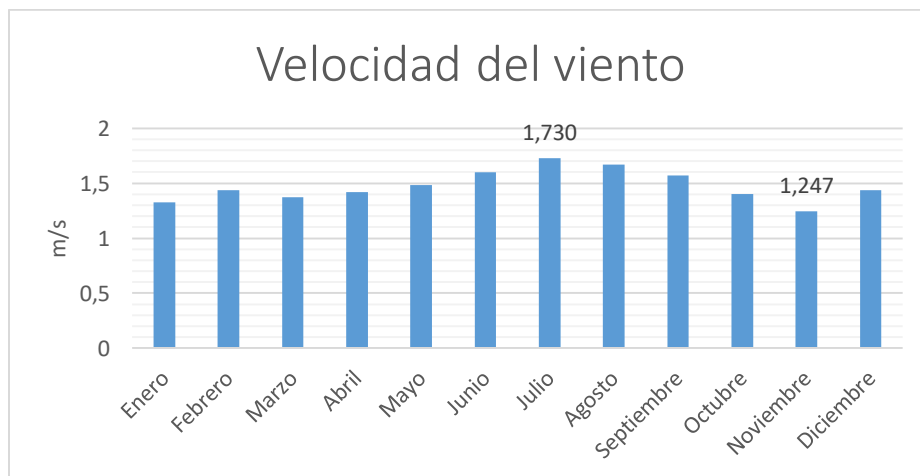


Fuente: Autor, basado en datos del IDEAM.

**- Velocidad del viento**

En la velocidad del viento se registra que es de carácter bimodal como se ve en la gráfica 6 y los valores más altos se dan en los meses de junio, julio y agosto, debido a la influencia de los vientos Alisios del sureste con valores entre 1,6 m/s y 1,7 m/s, en cambio el menor valor corresponde al mes de noviembre con 1,2 m/s. La orientación de los vientos en el municipio de Cota es muy discontinua, en donde se predomina las direcciones oeste hacia este y del suroeste al noreste.

**Grafica 6.** Velocidad del viento.



Fuente: Autor, basado en datos del IDEAM.

### **5.1.3. Hidrografía e hidrología**

#### **- Subcuenca río Chicú**

El humedal El Resbalón hace parte de la Subcuenca del río Chicú y recibe las aguas del río Chicú y no está catalogado dentro del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica de dicho río [28].

La subcuenca río Chicú es de tipo alargado con un área total de 141,92 km<sup>2</sup>, el cauce principal tiene una longitud de 26,3 km, se localiza al norte de la cuenca del río Bogotá y abarca principalmente los municipios de Tabio, Cota y Tenjo junto a una pequeña porción de Subachoque y Madrid. Nace con el nombre de quebrada El Salitre o Montosa a 3250 msnm, tomando rumbo al sureste para pasar por la zona urbana de Tabio en donde recibe la afluencia de las quebradas Tince y Carrón; continua su recorrido recibiendo las aguas de las quebradas Garay y Caracol, luego toma dirección al sur para cruzar los municipios de Tenjo y Cota. Finalmente, en su cauce bajo le tributa a la quebrada Soacha para luego desembocar en el río Bogotá [27].

Según el Plan de ordenamiento de cuencas hidrográficas (POMCA) de la subcuenca del río Chicú se registra que la distribución de los caudales a lo largo del año es de carácter bimodal al igual que la precipitación donde los meses de octubre, noviembre y diciembre son los que registra lo más altos valores de caudales. En cuanto a los caudales se encontró que el caudal máximo para el río Chicú es de 4,43 m<sup>3</sup>/s, mínimo de 0,02 m<sup>3</sup>/s, medio multianual de 0,31 m<sup>3</sup>/s y el caudal ecológico de 0,04 m<sup>3</sup>/s; en cuanto a los caudales máximos estimados se tiene que para un periodo de retorno de 100 años es de 22 m<sup>3</sup>/s. También indica que se presenta un déficit hídrico en los meses de enero febrero, marzo, agosto y septiembre. También registra que tiene un índice alto de escasez tanto en el periodo húmedo como en la época de verano [27].

#### **- Calidad del agua**

El humedal El Resbalón ha presentado a lo largo del tiempo una mala calidad del agua como se ha mostrado en algunos estudios por medio de índices de la calidad del agua como el índice British Columbia (BC), índice de contaminación ICOpH e ICOTro, así como el uso de indicadores biológicos como el BMWP/Col. En general

los índices mostraron que la calidad del agua en el humedal es mala y se encuentra muy contaminada en todos los puntos de muestreo analizados tanto para el periodo de estiaje y como el de mayor precipitación [29], [30], [31].


La mala calidad del agua del humedal se debe principalmente por los vertimientos de aguas residuales domesticas en el humedal (3 puntos de vertimientos) y por las actividades de agricultura que se dan en las cercanías, los cuales ocasionan un aumento en la concentración de materia orgánica y de la concentración de nutrientes como el nitrógeno y el fosforo que generan eutrofización en el humedal, aunque actualmente el humedal no presenta síntomas de una alta eutrofización pero el rio Chicú si lo presenta por los vertimientos agrícolas que se realizan aguas arriba del rio [31].




#### 5.1.4. Flora y fauna



##### - Flora



La vegetación en los humedales son uno de los factores más importantes que este posee debido a sus funciones como la regulación de la calidad del agua, liberación y absorción de nutrientes, producción primaria y determinan el aspecto paisajístico del ecosistema. Esta se puede clasificar de 3 formas, la vegetación flotante que se encuentra principalmente en el espejo de agua, la vegetación emergente en donde las raíces se encuentran en el fondo del humedal y sobre sale del espejo de agua, por último, la vegetación de ribera que se encuentra en las cercanías al espejo de agua [4]. A continuación, se describirán algunas de las especies que posee el humedal El Resbalón.


**Tabla 1.** Flora del humedal El Resbalón.

Nombre común	Nombre científico	Descripción	
Lenteja de agua	Lemna gibba		No supera los 5 mm de largo, de rápida reproducción, esta especie absorbe todo tipo de nutrientes, no constituye un problema para el ecosistema, sirve de alimento a peces y microbios, además de consumir agentes contaminantes. Se convierte en problema por su carga contaminante en la cadena alimenticia y por la obstrucción en el paso de la luz solar en el proceso de fotosíntesis a nivel acuático [32].

Nombre común	Nombre científico	Descripción	
<p><b>Buchón de agua, jacinto de agua</b></p>	<p>Eichhornia crassipes</p>		<p>Planta de rápido crecimiento y altas tasas de reproducción, por lo que pueden ocasionar problemas de flujo de agua y navegación de canales si el humedal presenta una densidad alta de estos, por lo que es considerada como una especie invasora [33], [34].</p>
<p><b>Elodea</b></p>	<p>Egeria densa</p>		<p>Es una planta acuática sumergida con la capacidad de liberar sustancias antibacterianas contribuyendo en la oxigenación del agua; se adapta con facilidad a ambientes diversos, tiene una capacidad de reproducción alta y puede colmatar el cuerpo de agua [35].</p>
<p><b>Sombrilla de agua, oreja de ratón, paraguas, sombrerito de agua</b></p>	<p>Hydrocotyle ranunculoides</p>		<p>El crecimiento denso puede formar una estera densa sobre el agua que se va extendiendo a lo largo de los bordes de los lagos y de las charcas [20].</p>

Nombre común	Nombre científico	Descripción	
<p><b>Botoncillo, chipaca, misiquia, duarte</b></p>	<p>Bidens laevis</p>		<p>Sus flores amarillas como pequeños girasoles acuáticos les dan a los humedales incomparable belleza.</p> <p>Se utiliza para el control de la gota, hielos o tizón tardío y el follaje se usa en forma de té para aliviar cólicos, también tiene usos sirve como insecticida [36].</p>
<p><b>Enea, espadaña, bayon, cuca.</b></p>	<p>Typha latifolia</p>		<p>Es una de las plantas más altas del género al alcanzar los 3 m de altura, tiene grandes matas de follaje verde medio, sus tallos son erectos, las hojas miden hasta 18 mm de ancho, sus flores son espigas en formas de cigarro, de 30 cm de largo; las masculinas se encuentran en la parte superior y las femeninas en la inferior [36].</p> <p>Puede ser extremadamente invasiva [22].</p>

Nombre común	Nombre científico	Descripción	
<b>Junco</b>	Juncus effusus		<p>Común en los ambientes saturados de agua. Dominan en el paisaje de humedales de la planicie cundiboyacense y del río Magdalena [13].</p> <p>Tiene usos en la construcción, además se utiliza en diversas artesanías, como es el caso de la Laguna de Fúquene, donde los pescadores de la Laguna de Fúquene (Cundinamarca), a fin de contribuir a solucionar la problemática de la laguna (Exceso de vegetación) y mejorar sus ingresos, se han dado a la tarea de explorar las opciones artesanales que brindan las plantas acuáticas para elaborar y adornar bolsos, bateas, floreros y materas, entre otros productos [37].</p>
<b>Barbasco</b>	Polygonum punctatum		<p>También conocida como Picantilla (2), basta solo con probar un pequeño trozo de la hoja, para que la lengua perciba el sabor picante. Endémica de todo el continente americano [36]</p> <p>Las hojas frescas se usan en forma externa para curar granos, sarpullidos, heridas, golpes [38].</p>

Nombre común	Nombre científico	Descripción	
Kikuyo	Pennisetum clandestinum		<p>Es una especie que proviene de la región de África Oriental, posee un rápido crecimiento y agresividad por lo que es considerado una especie invasora. Es usado principalmente para la ganadería [39].</p>

Fuente: Autor.

El humedal a sus alrededores también presenta algunas especies de los fragmentos de bosque andino que existen en el municipio de Cota como los alisos, canelo, cedrillo, chucharo, entre otras especies leñosas. Sin embargo, se han ido perdiendo estas por el desarrollo rural que se da en la vereda Parcelas. Además, se ha incrementado la presencia de especies invasoras terrestres como el retamo espinoso y el eucalipto [26].

- **Fauna**

Según el plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Cota la situación de la fauna es mala debido a la pérdida de los ecosistemas en donde habitan varias especies endémicas. Las transformaciones de estos ecosistemas han dado lugar a especies que se adaptan a cultivos o plantas como: clarines (frutas), colibríes (jardines), y garzas (zonas de ganadería) [26]. En cuanto a la fauna propia del humedal no fue posible hacer un reconocimiento de las especies que residen allí por lo tanto se presenta a continuación las especies que se podrían encontrar en el municipio de Cota según el Plan básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) de dicho municipio.

**Tabla 2.** Fauna en el municipio de Cota (Cundinamarca).

<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
<i>Thraupis episcopus</i>	Azulejo
<i>Escolopacios</i>	Caica
<i>Diglosa lafresnayi</i>	Carbonero
<i>Falco Sparverius</i>	Cernicalo
<i>Colibri coruscans</i>	Colibrí
<i>Mustela frenata</i>	Comadreja
<i>Zonotrichia capensis</i>	Copetón, Gorrión
<i>Troglodites aedon</i>	Cucarachero
<i>Atractus crassicaudatus – Chironius monticola</i>	Culebra de tierra
<i>Otus Choliba</i>	Currucutu
<i>Synallaxis subpudica</i>	Chamicero de la sabana
<i>Sturnella magna</i>	Chirlobirlo
<i>Didelphis albiventris</i>	Chucha
<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo
<i>Buteo magnirostris</i>	Gavilán
<i>Notiochelidon murina</i>	Golondrina
<i>Proctoporus striatus</i>	Lagartija
<i>Mimus gilvus</i>	Mirla
<i>Anoura sp</i>	Murciélago
<i>Molothrus bonariensis</i>	Pájaro perezoso
<i>Colinus cristatus</i>	Perdiz

Hyla labialis	Rana verde
Icterus nigrogularis	Toche, Turpial
Zenaida auriculata	Torcaza

Fuente: Plan básico de Ordenamiento Territorial de Cota [26].

### 5.1.5. Actividades económicas

Dentro del municipio de Cota se realizan principalmente las siguientes actividades económicas: agricultura, actividades pecuarias, servicios de educación, clubes de recreación privados, industria, logística, comercio, turismo de fin de semana, floricultura y la construcción. En donde las actividades agropecuarias decrecen a medida que avanzan las otras actividades económicas debido al auge de la industria en el municipio [40].

A los alrededores del humedal El Resbalón se dan los servicios de educación por 2 colegios (IED Parcelas y colegio José Max León), también hay conjuntos residenciales y viviendas dispersas que cuentan con energía eléctrica y sistema de acueducto. También en los alrededores del humedal se da la ganadería y los cultivos de papa y maíz.

Las vías en la vereda Parcelas se encuentran pavimentadas con excepción de algunos senderos y caminos que conducen a las zonas de cultivos o los conjuntos residenciales que se encuentran sin pavimentar [41].

## **5.2. Identificación de amenazas**

Se realizaron en total cuatro (4) salidas de campo al humedal El Resbalón, la primera salida fue el 5 de mayo del 2018 en donde se realizó un registro fotográfico completo de la zona, así como el registro con GPS de puntos específicos del humedal donde se presenta alguna problemática y registro de las observaciones realizadas en una libreta de campo, en esta salida no se realizó ninguna medición con instrumentos. La segunda salida fue el 29 de septiembre del 2018 en la cual también se hizo un registro fotográfico completo de la zona tomando como foco principal lo registrado en la primera salida con el fin de observar los cambios en ese periodo de tiempo, también se realizaron las respectivas anotaciones en una libreta de campo y con ayuda de los demás proyectos del semillero de investigación se tomaron medidas de los parámetros fisicoquímicos del agua del humedal. La tercera y cuarta salida fueron enfocadas a divulgar los proyectos que se están trabajando a la comunidad cercana al humedal como es el caso de la reunión realizada en el colegio Parcelas con representantes de la alcaldía y profesores del colegio que están trabajando en temáticas relacionadas al humedal, esto con el fin de dar a conocer los proyectos que se están llevando a cabo por parte del semillero Humedales USTA, así como la recolección de información para identificar amenazas.

### **5.2.1. Eutrofización**

La eutrofización es un proceso natural que se da lentamente en todos los cuerpos de agua por la presencia de nutrientes como los fosfatos y nitratos en pequeñas concentraciones, los cuales son insumos para el crecimiento de algas, macrofitas y fitoplancton en un humedal, que a la vez aumentan la cantidad de materia orgánica y la demanda de oxígeno disuelto en el agua [42]. Pero al presentarse una concentración excesiva de fosfatos y nitratos por actividades antrópicas como la ganadería, disposición de residuos sólidos o los vertimientos de aguas residuales (agrícolas, domésticas e industriales) se genera un crecimiento acelerado en la flora del humedal; generando competencia entre especies por los recursos que posee el cuerpo, lo cual lleva a la disminución de la biodiversidad nativa del humedal al quedar solo las especies que mejor se adapten a la eutrofización. Otra afectación es la disminución del espejo de agua del humedal por la cantidad excesiva de vegetación flotante que crece sobre este y a la generación de un entorno anaerobio

por la alta demanda de oxígeno; ocasionando la desaparición total del espejo de agua [42], [43].

Actualmente el espejo de agua del humedal El Resbalón no presenta un alto nivel de eutrofización como se observa en la imagen 4 y 5 pero en los fragmentos que se encuentran dispersos en el área total del humedal se dan varios casos de eutrofización, además el río Chicú presenta un nivel significativo de eutrofización a lo largo de su cauce (ver imagen 6 y 7); ocasionado principalmente por los vertimientos que se dan aguas arriba del río Chicú, lo que puede generar una amenaza en el humedal por eutrofización por las aguas que recibe de dicho río. También cerca al humedal hay actividades como la ganadería, colegios, cultivos y disposición de residuos sólidos; los cuales generan vertimientos ya sea por escorrentía o descarga directa que puedan aumentar las concentraciones de fosfatos y nitratos, generando así una amenaza en el humedal por eutrofización.

**Imágenes 4 y 5.** Espejo de agua principal del humedal El Resbalón.



Fuente: Autor.

### Imágenes 6 y 7. Río Chicú.



Fuente: Autor.

#### 5.2.2. Construcción de vías terciarias

El desarrollo rural de un territorio como es el caso del municipio de Cota demanda la construcción de diversos tipos de infraestructuras una de ellas es la red vial para comunicar las diferentes veredas con la cabecera municipal y las vías de nivel nacional para aumentar su productividad [44], [45]. El humedal se encuentra ubicado en la vereda Parcelas que se sitúa aproximadamente a 1 km de la vía Bogotá D.C. – Cota, a esta llega la vía principal de la vereda que conduce a los conjuntos residenciales, colegios, industrias y actividades agrícolas que se dan; también hay varias vías sin pavimentar que se encuentran a los alrededores del humedal El Resbalón generando así afectaciones en el régimen hídrico, en la calidad del agua del humedal principalmente por el aumento de sedimentos, la pérdida de la conectividad ecológica con otros ecosistemas circundantes, contaminación atmosférica por las emisiones de fuentes móviles y la fragmentación del humedal [31].

Actualmente en las cercanías del humedal existen cuatro (4) vías como se puede evidenciar en el mapa 2 de “Vías terciarias” en el anexo 2, donde una es la vía principal que conecta la carretera Bogotá – Cota con la vereda Parcelas que se encuentra totalmente pavimentada (imagen 8), las demás vías sin pavimentar que comunican los asentamientos y las áreas de cultivos distribuidos en la vereda y en las cercanías del humedal (imagen 9 y 10). Uno de estos caminos sin pavimentar que conecta la vía principal de la vereda con los conjuntos residenciales fragmentó

en su construcción una pequeña parte del humedal al margen derecho del río Chicú, el cual se encuentra actualmente muy eutrofizado y con un nivel muy bajo de agua.

**Imagen 8.** Vía principal de la vereda Parcelas.



Fuente: Autor.

**Imágenes 9 y 10.** Caminos en las cercanías del humedal.



Fuente: Autor.

### 5.2.3. Desarrollo urbanístico rural

El crecimiento urbano que se da en las veredas de un municipio como Cota demanda la construcción de estructuras en donde se ofrezcan servicios básicos para la mejora de la calidad de vida de la población, tales como: colegios, conjuntos residenciales, infraestructura para la distribución de energía eléctrica, acueductos y zonas de recreación [26].

En la vereda Parcelas existen actualmente dos (2) colegios cercanos al humedal, el más cercano al humedal es el colegio “Parcelas” que se ubica en la parte sur del espejo de agua y el colegio José Max León que se ubica en la parte norte del humedal como se muestra en el mapa 3 de “desarrollo urbanístico” en el anexo 3; también existen conjuntos residenciales y asentamientos humanos dispersos que se ubican cerca al humedal ( ver imagen 11), todos estos generan principalmente vertimientos de agua residual doméstica y lixiviados por los residuos que se depositan cerca al humedal. Estas actividades producen una disminución de la calidad del agua del humedal por la carga orgánica de los vertimientos, así como un aumento en los sedimentos debido a la disposición de escombros en una de las orillas del humedal. También existen 3 torres de transmisión eléctrica ubicadas en medio del humedal muy cerca al espejo de agua como lo muestra la imagen 12, lo cual ha ocasionado la fragmentación del humedal por el relleno de este para la construcción de las torres, además de la pérdida de cobertura vegetal y afectaciones en la fauna principalmente las aves por la perturbación de su brújula magnética y la desvalorización de zonas de cría debido al campo electromagnético que estos producen.

Por último, hay una casa que se encuentra cerca al espejo de agua y a las torres de transmisión, la cual fue construida por el dueño del predio donde está el humedal El Resbalón (imagen 13), generando principalmente fragmentación y pérdida de la vegetación del humedal, además de los vertimientos de la residencia y la disposición de residuos que se generan ahí.

**Imagen 11.** Viviendas dispersas rurales.



Fuente: Autor.

**Imágenes 12 y 13.** Asentamientos humanos, colegios y torres de energía en el humedal y sus cercanías.



Fuente: Autor.

#### **5.2.4. Especies introducidas**

Las diferentes actividades económicas que se realizan cerca al humedal en la vereda Parcelas son principalmente agrícolas y de ganadería, las cuales demandan la introducción de especies que no son autóctonas y que generan competencia con las especies que habitan en el humedal [40]. En el caso de la ganadería se da por la introducción de pastos como el kikuyo (imagen 14) que es usado como alimento

para el ganado, el cual se encuentra en gran parte del área de influencia del humedal como se muestra en el mapa 4 de “cobertura de tierra en el humedal” donde una zona de este se cataloga como pastos limpios según la Leyenda Nacional de Coberturas de Tierra del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), lo que genera una competencia con las especies nativas del humedal de los recursos y servicios que este ofrece. También está la presencia de retamo espinoso en algunas zonas circundantes al humedal (imagen 15), un posible uso que se tenga de esta especie es la de “cerca viva” pero debido a la facilidad con la que se propaga y desplaza las especies nativas del ecosistema donde se encuentre, además de que afecta los servicios que ofrece el ecosistema al impedir la sucesión natural.

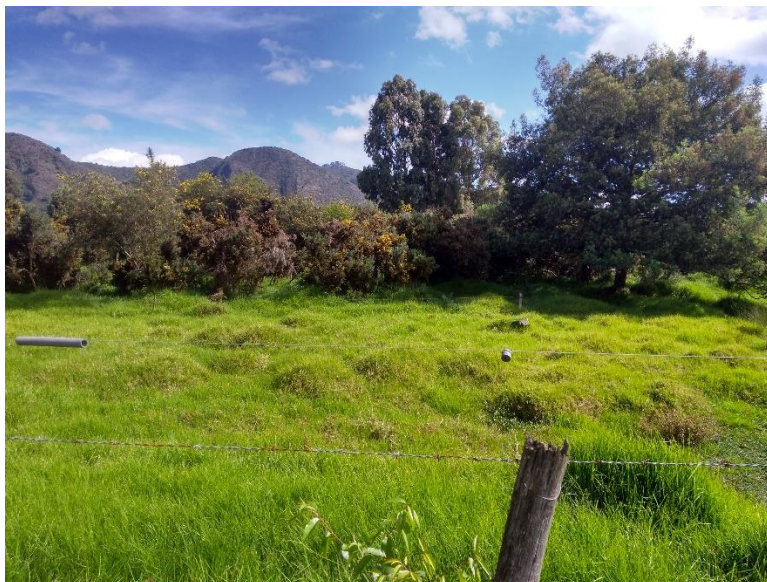
El buchón pequeño de agua también es una especie invasora que tiene la capacidad de reproducirse rápido y generan eutrofización, pero actualmente no se encuentra un gran número de estos en el espejo de agua.

**Imagen 14.** Pasto Kikuyo en el humedal El Resbalón.



Fuente: Autor.

**Imagen 15.** Retamo espinoso en las cercanías el humedal.



Fuente: Autor.

### **5.2.5. Disposición de residuos sólidos urbanos y escombros**

Como se nombró anteriormente en el numeral 5.2.3. la disposición de residuos sólidos se genera por los asentamientos y actividades que se dan cerca al humedal, pero al darse de manera continua se considera como una amenaza a analizar para poder asignar las medidas correspondientes.

En el humedal existen algunos contenedores donde se depositan los residuos sólidos urbanos que generan lixiviados que se descargan al humedal por medio de la escorrentía cuando se presentan lluvias o bien por los residuos que arrojan directamente la comunidad al espejo de agua, aunque este último caso no se presenta de forma significativa. También en la orilla sur – oeste del humedal como se muestra en el mapa 5 de “disposición de residuos sólidos urbanos y escombros” en el anexo 5 hay una pequeña zona donde se arrojan residuos resultantes de la construcción y algunos residuos sólidos urbanos (ver imagen 16 y 17), que ocasionan un aumento de sedimentos en esta parte del humedal y aumento de la materia orgánica; y es evidente la afectación de la escombrera como se muestra la imagen 19 hay evidencia de una mala calidad del agua en esta zona por las alteraciones a los parámetros fisicoquímicos del agua como el oxígeno disuelto que ocasiona directamente una pérdida en la biodiversidad del humedal.

**Imagen 16.** Disposición de residuos en las cercanías del humedal.



Fuente: Autor.

**Imagen 17.** Zona de disposición de escombros no Autorizada a una orilla del humedal El Resbalón.



Fuente: Autor.

### 5.2.6. Fragmentación del humedal

A lo largo del tiempo El humedal El Resbalón ha ido perdiendo su área de influencia, en el año 2000 se tenía un área de 45,4 ha, el cual se redujo a 8,8 ha en el año 2007 según estudio realizados en este humedal [7]. Las causas son las diversas actividades y servicios que se dan en el humedal y sus cercanías como los conjuntos residenciales, vías rurales, caminos, colegios, ganadería, agricultura, edificaciones para la trasmisión de energía eléctrica, entre otros.

La afectación por la fragmentación de un humedal es muy significativa debido a que las zonas fragmentadas tienden a desaparecer por no recibir un flujo del agua del río o del espejo principal del humedal, ocasionando que no puedan satisfacer sus demandas para la existencia de las especies ecológicas en este fragmento, que a la vez incrementa procesos de eutrofización o disminución en la calidad el agua [46]. Un ejemplo es una zona fragmentada por la construcción de un camino alternativo que comunica la vía principal con los conjuntos residenciales como se puede observar en la imagen 18, en donde muestra como esta zona fragmentada se encuentra con un nivel alto de eutrofización y meses después (ver imagen 19) este fragmento ha perdido en su totalidad el agua que le quedaba disponible.

A lo largo del humedal se observan pequeños espejos de agua que posiblemente fueron parte del humedal como se observa en el mapa 6 de “fragmentación del humedal” en el anexo 6, pero al darse actividades de ganadería, construcciones o cultivos se generaron estos fragmentos del espejo de agua; la mayoría se encuentra con un alto nivel de eutrofización con riesgo de desaparición por la densa capa de vegetación que poseen (ver imagen 20).

La fragmentación es la amenaza más latente que se presenta en este ecosistema debido las actividades de desarrollo de la zona conjunto a que el predio donde está ubicado el humedal es privado y hace que las decisiones que se tomen en este sean por parte del dueño del predio lo que podría ocasionar a un futuro la degradación completa del humedal si se destina su uso completo a actividades de agricultura, ganadería o construcción.

**Imagen 18.** Pequeño fragmento del humedal (foto tomada el 5 de mayo).



Fuente: Autor.

**Imagen 19.** Pequeño fragmento del humedal (foto tomada el 29 de septiembre).



Fuente: Autor.

**Imagen 20.** Fragmentos del humedal al oeste del espejo de agua principal.



Fuente: Autor.

### **5.2.7. Vertimientos agrícolas**

Este tipo de vertimientos son originados por las actividades agrícolas y ganaderas que se realizan en las cercanías del humedal como los cultivos de papa y maíz como se observa en el mapa 7 de “Cultivos” en el anexo 7 (ver imagen 22 cultivo de maíz e imagen 23 cultivo de papa); los cuales llegan al humedal por eventos de escorrentía cuando se presentan precipitaciones debido a su cercanía con el humedal. Estos se caracterizan por tener altas concentraciones de nutrientes tales como fosfatos y nitratos provenientes del fertilizante, heces de ganado o el uso de pesticidas, los cuales generan una aceleración en la eutrofización, en donde este puede llegar a ocasionar la pérdida del ecosistema acuático [42], [47]. Un ejemplo de ello es el río Chicú que alimenta el humedal, el cual se encuentra con un nivel significativo de eutrofización y su espejo de agua está mayormente ocupado por la vegetación, esto causado por los vertimientos agrícolas que se dan aguas arriba del río [27].

**Imágenes 22 y 23.** Cultivos de maíz y papa en las cercanías del humedal.



Fuente: Autor.

### 5.2.1. Vertimientos domésticos

Este tipo de vertimiento se da principalmente por los asentamientos y los colegios que están ubicados cerca al humedal, los cuales terminan bien sea en el río Chicú o en el humedal. En el humedal El Resbalón y sus cercanías existen 3 puntos de vertimientos como se observa en el mapa 8 de “vertimientos” en el anexo 8, uno de ellos se da frecuentemente con un caudal significativo como se observa en la imagen 21, los otros dos (2) puntos se dan de forma difusa, uno de ellos lo genera el colegio Parcelas por una pequeña tubería donde se descarga un caudal pequeño que pasa por el camino sin pavimentar y termina en el humedal, el otro punto está en el río Chicú y según información de la comunidad se presenta con un caudal pequeño y de manera ocasional.

Los vertimientos domésticos vienen cargados con una alta concentración de materia orgánica lo que genera un aumento de la demanda de oxígeno disuelto en el agua para poder degradarla, generando así una disminución en la calidad del agua en el punto del vertimiento y aguas abajo hasta que la materia orgánica sea totalmente degradada [21].

**Imagen 21.** Vertimientos domésticos.



Fuente: Autor.

### **5.2.2. Sobre explotación de recursos naturales**

Como ya se había nombrado anteriormente en la fragmentación del humedal, el predio donde se encuentra el humedal El Resbalón es privado, por lo que existe un conflicto entre los intereses del dueño y la entidad municipal de Cota en la preservación de este ecosistema. Debido a que este ha sido usado como fuente de agua para el riego de cultivos o usos en la ganadería por parte del dueño del predio por medio de motobombas, causando así una afectación en las comunidades macrófitas y de fitoplancton del humedal al no darse continuidad en el desarrollo de estas especies, también afecta la calidad del agua por la alteración de los factores físicoquímicos del agua [48]. Esta información fue obtenida por la comunidad el día de la reunión con la alcaldía de Cota y el colegio Parcelas.

Otras explotaciones que se dan en el humedal están relacionadas con el suelo por las remociones de cobertura vegetal nativa para la preparación de cultivos o actividades ganaderas, esto se evidencia porque el humedal está mayormente

cubierto de pasto kikuyo y algunas zonas como en las torres de trasmisión eléctrica se encuentran erosionadas y rellenadas por la construcción de estos.

### 5.2.3. Matriz final de la identificación de las amenazas

Para un mejor análisis y tratamiento de la información se realizó una matriz donde se integran las amenazas identificadas con sus respectivos daños potenciales, receptores y el rango de afectación, los cuales son necesarios para estimar el nivel de riesgo.

**Tabla 3.** Identificación de amenazas en el humedal El Resbalón.

<b>Amenaza</b>	<b>Efectos dañinos potenciales</b>	<b>Receptor</b>	<b>Rango de afectación</b>
<b>Eutrofización</b>	Disminución de la calidad del agua	Organismos acuáticos	Todo el humedal y los ecosistemas circundantes
	Alteración de los procesos químicos y biológicos		
	Disminución de las especies acuáticas		
<b>Construcción de vías terciarias</b>	Disminución en la calidad del agua	Toda la comunidad biológica y la población humana que depende del humedal	Alrededores del humedal
	Disminución en la biodiversidad		
	Alteración en el régimen hídrico		
	Cambios en el ecosistema		
<b>Desarrollo urbanístico</b>	Alteración de los procesos químicos y biológicos	Toda la comunidad biológica y la población humana que depende del humedal	Parte oeste del humedal, cercanías al espejo de agua y en el este
	Disminución de la biodiversidad		
	Reducción de la calidad del agua		
	Modificación del régimen hídrico		
<b>Especies introducidas (vegetales)</b>	Disminución de la biodiversidad	Todos los organismos acuáticos y del suelo	Todo el humedal
	Cambios en el ecosistema		
	Alteración de los ciclos biológicos		

<b>Amenaza</b>	<b>Efectos dañinos potenciales</b>	<b>Receptor</b>	<b>Rango de afectación</b>
<b>Disposición de residuos sólidos urbanos y escombros</b>	Disminución de la calidad del agua	Toda la comunidad biológica y la población humana que depende del humedal	Parte sur del humedal muy cerca al espejo de agua principal
	Disminución de la biodiversidad		
	Contaminación del suelo		
<b>Fragmentación del humedal</b>	Perdida de la conectividad ecológica	Toda la comunidad biológica y la población humana que depende del humedal	Todo el humedal y los ecosistemas circundantes
	Disminución de la biodiversidad		
	Cambios en el ecosistema		
	Alteración en los procesos químicos y biológicos		
<b>Vertimientos domésticos</b>	Disminución de la calidad del agua	Organismos acuáticos	3 puntos localizados cerca al espejo de agua principal
	Disminución de la biodiversidad		
	Alteración en los procesos químicos y biológicos		
<b>Vertimientos agrícolas</b>	Disminución de la calidad del agua	Organismos acuáticos	Alrededores del humedal
	Disminución de la biodiversidad		
	Alteración en los procesos químicos y biológicos		
<b>Sobre explotación de recursos naturales</b>	Alteraciones en el régimen hídrico	Toda la comunidad biológica y la población humana que depende del humedal	En el espejo de agua principal y sus cercanías
	Cambios en el ecosistema		
	Disminución de la biodiversidad		

Fuente: Autor

### 5.3. Análisis del riesgo

Para el análisis del riesgo se usó una modificación de la metodología semicuantitativa usada por Malekmohammadi y Rahimi [9] en la evaluación de riesgos de un humedal, donde se estima a partir de la severidad, el rango de afectación y la probabilidad que se desate la amenaza, los métodos usados y sus respectivos resultados se muestran a continuación.

#### 5.3.1. Severidad

El puntaje de severidad se determina según el daño que la amenaza estudiada pueda causar al humedal en aspectos como la integridad propia del humedal, ciclos biológicos, los parámetros fisicoquímicos que este posea, entre otros (ver tabla 3). Seguido a esto se asigna un valor que va desde 1 hasta 15 según lo anteriormente nombrado, a su vez se asigna una categoría que será la usada para los análisis posteriores de riesgo, en donde los valores varían desde muy alto (5) hasta muy bajo (1).

**Tabla 4.** Clasificación y puntaje de la severidad en la evaluación de riesgos en humedales.

Consecuencia esperada	Rango de puntuación	Categoría
Destruye la integridad y la existencia.	13 a 15	Muy alto (5)
Cambios en el balance y régimen hídrico.	10 a 12	Alto (4)
Interrupción de los balances biológicos.	7 a 9	Moderado (3)
Cambios en los parámetros físicos y químicos.	4 a 6	Bajo (2)
Interrupción de los ciclos bioquímicos.	<4	Muy bajo (1)

Fuente: Ecological risk assessment of wetland ecosystems using Multi Criteria Decision Making and Geographic Information System [9].

A continuación, se presentan los resultados para la severidad de las amenazas.

**Tabla 5.** Resultados para la severidad de las amenazas del humedal El Resbalón.

Amenaza	Rango de puntuación	Categoría
Eutrofización	10	4
Construcción de vías terciarias	9	4
Desarrollo urbanístico rural	13	5
Especies introducidas	10	4
Disposición de residuos sólidos urbanos y escombros	5	2
Fragmentación del humedal	14	5
Vertimientos domésticos	5	2
Vertimientos agrícolas	6	2
Sobre explotación de recursos naturales	9	3

Fuente: Autor.

Para la estimación de los valores de cada amenaza se tomó en cuenta la información secundaria específicamente los proyectos que se han realizado en el humedal El Resbalón, los cuales algunos indican la problemática que tiene el humedal por la mala calidad del agua, por lo tanto, a partir de esos datos y los recolectados en las observaciones de campo se estimó el valor de severidad. Esto de igual manera para el rango de afectación y la probabilidad.

En esta tabla se observa que la amenaza con una mayor severidad es la fragmentación del humedal debido a que implica una destrucción de la integridad y la existencia del humedal y a la repercusión de otros riesgos. Un ejemplo de ello es un pequeño fragmento del humedal ocasionado por la construcción de un sendero que conecta la vía principal con un conjunto residencial, en donde al separarse del cuerpo del humedal perdió su conexión a la fuente hídrica, la cual conjunto a la eutrofización fueron secando este fragmento hasta la pérdida total del agua y su característica como humedal.

Otra amenaza que recibió un puntaje alto y están relacionadas con la fragmentación del humedal es el desarrollo urbanístico y la construcción de vías terciarias que se da actualmente en la vereda Parcelas, ocasionando diversos impactos ambientales que en conjunto destruyen la integridad del humedal o alteran los balances y la conectividad del humedal.

### 5.3.2. Rango de afectación

Para asignar el rango de afectación se tiene en cuenta el porcentaje del área total del humedal que se ve afectado por las amenazas, para lograrlo se usó una imagen satelital tomada de la CAR del año 2016 como base y junto las observaciones en campo y la información secundaria se determinó que tan extenso podrían ser el rango de afectación de cada amenaza analizada; el cual varía desde la afectación a todo el humedal y sus ecosistemas circundantes (muy alto) y un área menor al 25% del área total de humedal (muy bajo).

**Tabla 6.** Clasificación del rango de afectación.

Área del humedal expuesta (porción del área total)	Categoría
Todo el humedal y los ecosistemas circundantes	Muy alto (5)
75% - 95% del área total	Alto (4)
50% - 64% del área total	Moderado (3)
25% - 49% del área total	Bajo (2)
Menos del 25% de área total	Muy bajo (1)

Fuente: Ecological risk assessment of wetland ecosystems using Multi Criteria Decision Making and Geographic Information System [9].

A continuación, se muestran los resultados el rango de afectación.

**Tabla 7.** Resultados para el rango de afectación para las amenazas del humedal El Resbalón.

<b>Amenaza</b>	<b>Área del humedal expuesta</b>	<b>Porción del área total</b>	<b>Categoría</b>
Eutrofización	Mayor parte del humedal	75% - 95% del área total	4
Construcción de vías terciarias	Alrededores del humedal (ver mapa 1 en anexo 1)	Menos del 25% de área total	1
Desarrollo urbanístico rural	Parte oeste del humedal, cercanías al espejo de agua y al este del humedal (ver mapa 2 en anexo 2)	Menos del 25% de área total	1
Especies introducidas	Mayor parte del humedal	75% - 95% del área total	4
Disposición de residuos sólidos urbanos y escombros	Parte sur del humedal muy cerca al espejo de agua principal (ver mapa 4 en anexo 4)	Menos del 25% de área total	1
Fragmentación del humedal	Todo el humedal y los ecosistemas circundantes	100% del área del humedal	5
Vertimientos domésticos	3 puntos localizados cerca al espejo de agua principal (ver mapa 7 en anexo 7)	Menos del 25% de área total	1
Vertimientos agrícolas	Alrededores del humedal (ver mapa 7 en anexo 7)	Menos del 25% de área total	1
Sobre explotación de recursos naturales	En el espejo de agua principal y sus cercanías	Menos del 25% de área total	1

Fuente: Autor.

La amenaza a la que se le asignó la mayor puntuación del rango de afectación fue a la fragmentación del humedal, debido a que se puede presentar en cualquier parte del humedal y cercanías por el desarrollo rural que se da en la zona por los requerimientos del suelo para la construcción de infraestructura o actividades económicas como cultivos, ganadería e industria que ocasionan una fragmentación del humedal.

Seguido a esta amenaza le sigue la eutrofización en la cual se da en la mayor parte del humedal donde se observan grandes aglomeraciones de flora en donde antes eran espejos de agua libres, dejando como resultado que solo se encuentre un espejo de agua en su mayoría libre en el área que comprende el humedal.

Por último, está la amenaza por las especies introducidas que se da principalmente por la presencia de pasto Kikuyo usado para la ganadería y que abarca una gran parte del humedal; y también la presencia de retamo espinoso usado como “cerca viva” en las cercanías a los conjuntos residenciales, esta es una especie altamente invasora que toma los recursos usados por las especies nativas del humedal generando una pérdida en la biodiversidad del humedal.

### 5.3.3. Probabilidad

El último aspecto por analizar es la probabilidad de que una amenaza se pueda manifestar, para ello se hizo uso de información secundaria específicamente de los estudios previos del humedal El Resbalón que se han realizado en el semillero e información de la CAR y de la alcaldía de Cota, con la cual se analizó cual es la probabilidad de que una amenaza se pueda presentar en el humedal o que tantas veces se ha presentado anteriormente. Estos valores van desde Inevitable donde el riesgo ocurre de manera continua (muy alto) hasta muy poco probable (muy bajo).

**Tabla 8.** Clasificación de la probabilidad.

Probabilidad esperada	Probabilidad de la consecuencia	Categoría
El riesgo ocurre continuamente	Muy probable	Muy alto (5)
El riesgo ocurre usualmente	Mayor del 50% (común)	Alto (4)

El riesgo ocurre por la presencia de otro riesgo	Igual al 50% (posible)	Moderado (3)
El riesgo no se desata bajo condiciones normales	Poco probable	Bajo (2)
Es imposible que el riesgo se desate bajo condiciones normales	Muy poco probable	Muy bajo (1)

Fuente: Ecological risk assessment of wetland ecosystems using Multi Criteria Decision Making and Geographic Information System [9].

A continuación, se muestran los resultados para la probabilidad de las amenazas.

**Tabla 9.** Resultado de la probabilidad para las amenazas del humedal El Resbalón.

Amenaza	Probabilidad de la consecuencia	Categoría
Eutrofización	Igual al 50%	3
Construcción de vías terciarias	Igual al 50%	3
Desarrollo urbanístico rural	Igual al 50%	3
Especies introducidas	Mayor del 50%	4
Disposición de residuos sólidos urbanos y escombros	Mayor del 50%	4
Fragmentación del humedal	Mayor del 50%	4
Vertimientos domésticos	Muy probable	5
Vertimientos agrícolas	Igual al 50%	3
Sobre explotación de recursos naturales	Igual al 50%	3

Fuente: Autor.

En el caso de la probabilidad la amenaza que se presenta de forma continua son los vertimientos domésticos, por un punto en especial donde se da un vertimiento varias veces a la semana por cierto periodo de tiempo. Luego le sigue la disposición de residuos sólidos que en el caso de los contenedores que están cerca al humedal se da varias veces a la semana según el periodo de recolección por parte de la empresa gestionada para ello y en el caso de la escombrera es difícil predecir su probabilidad, pero se da de manera ocasional.

Después se encuentra la fragmentación del humedal, la cual es difícil de predecir cuándo ocurrirá porque depende de variables como el desarrollo de un proyecto

futuro que ocasione una fragmentación del humedal, la división de este para la preparación de un cultivo, entre otras, sin embargo, es probable que esta amenaza se dé frecuentemente. Esto también ocurre con el resto de las amenazas puntadas con un valor menor de 4 debido a que estas dependen del desarrollo de la comunidad

#### 5.3.4. Estimación de riesgo

Luego de analizar cada aspecto para determinar el riesgo se procedió a realizar una matriz donde se muestra el puntaje obtenido por cada amenaza y junto a ello está el resultado final del análisis de riesgo, el cual se obtiene usando la ecuación (1).

$$\text{Riesgo} = \text{Severidad} * \text{Probabilidad} * \text{Rango de afectación (1)}$$

**Tabla 10.** Estimación de riesgo para el humedal El Resbalón.

Amenaza	Severidad	Rango de afectación	Probabilidad	Puntaje
Eutrofización	4	4	3	48
Construcción de vías terciarias	4	1	3	12
Desarrollo urbanístico rural	5	1	3	15
Especies introducidas	4	4	4	64
Disposición de residuos sólidos urbanos y escombros	2	1	4	8
Fragmentación del humedal	5	5	4	100
Vertimientos domésticos	2	1	5	10
Vertimientos agrícolas	2	1	3	6
Sobre explotación de recursos naturales	3	1	3	9

Fuente: Autor.

De la anterior tabla se puede observar que los principales riesgos que afectan el humedal El Resbalón son: fragmentación del humedal, eutrofización y el desarrollo urbanístico; en donde la fragmentación del humedal fue el que más puntaje obtuvo, dado las repercusiones que este presenta en todo el humedal y su severidad que implica la desaparición del humedal y alteraciones en todos los servicios que ofrece el humedal.

El segundo riesgo con un alto puntaje es la introducción de especies debido a que se puede presentar por el desarrollo económico de la zona por cultivos, ganadería e industrias y que en su preparación se introduzcan especies como el pasto Kikuyo y el retamo espinoso que ocasionan la desaparición de la flora nativa del humedal. Luego se encuentra la eutrofización que se da por el aumento de fosfatos y nitratos en el agua por actividades principalmente agrícolas al utilizar fertilizantes con altas concentraciones de nutrientes, se debe aclarar que el humedal se encuentra eutrofizado en gran parte de su área total y que quedan libres algunos espejos de agua que ya presentan o han presentado algún grado de eutrofización como se plantea en la tesis de “Plan de manejo ambiental para el humedal El Resbalón” [49].

Otro aspecto que se debe analizar es que los riesgos planteados se dan en conjunto, es decir, el desarrollo urbanístico y la construcción de vías terciarias pueden ocasionar fragmentación del humedal y eutrofización, así como la fragmentación junto a la eutrofización ocasionan una pérdida en la integración del humedal; todas se encuentran conectadas y pueden ser detonadores de otras amenazas pero se analizan por separado para tener una mejor claridad de que tanto pueden afectar al humedal y darle un enfoque a la estrategia.

#### **5.4. Categorización del riesgo**

En la categorización de riesgo se realiza una jerarquización de los riesgos para conocer el enfoque que se le dará a la estrategia de manejo ambiental, siguiendo los criterios de la metodología de Malekmohammadi y Rahimi [9] con la siguiente tabla.

**Tabla 11.** Clasificación y descripción de los riesgos.

<b>Rango de riesgo</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
125 - 101	Muy alto	Inaceptable
100 - 76	Alto	Inaceptable
75 - 51	Moderado	Aceptable con condiciones de control
50 - 26	Bajo	Aceptable
<26	Muy bajo	Insignificante

Fuente: Ecological risk assessment of wetland ecosystems using Multi Criteria Decision Making and Geographic Information System [9].

A continuación, se muestra el resultado final de la evaluación de riesgos.

**Tabla 12.** Categorización de riesgo para el humedal El Resbalón.

<b>Riesgo</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Descripción</b>
<b>Eutrofización</b>	48	3	Bajo	Aceptable
<b>Construcción de vías terciarias</b>	12	5	Muy bajo	Insignificante
<b>Desarrollo urbanístico rural</b>	15	4	Muy bajo	Insignificante
<b>Especies introducidas</b>	64	2	Moderado	Aceptable con condiciones de control
<b>Disposición de residuos sólidos urbanos y escombros</b>	8	8	Muy bajo	Insignificante
<b>Fragmentación del humedal</b>	100	1	Alto	Inaceptable
<b>Vertimientos domésticos</b>	10	6	Muy bajo	Insignificante
<b>Vertimientos agrícolas</b>	6	9	Muy bajo	Insignificante
<b>Sobre explotación de recursos naturales</b>	9	7	Muy bajo	Insignificante

Fuente: Autor.

De la anterior tabla se puede analizar que el riesgo que requiere un mayor enfoque en la estrategia para el manejo ambiental es el riesgo por fragmentación del humedal, debido a como se ha ido mencionado, este riesgo implica la desaparición completa del humedal y es precursor de otro tipo de riesgos. También se observa que la introducción de especies es otro riesgo que controlar con el fin de la preservación de la biodiversidad del humedal y los servicios que estos ofrecen; finalmente esta la eutrofización, la cual ya se presenta en gran parte del humedal, pero se deben iniciar medidas de control para evitar que este riesgo aumente su nivel en el tiempo y ocurran más eventos como los que ya se han presentado.

## 5.5. Diseño de la estrategia ambiental

El diseño está enfocado en dar los lineamientos mínimos o lo que se debe tener en cuenta de manera general para lograr una disminución, control o mitigación de los riesgos más significativos que actualmente afectan el humedal, pero es necesario un mayor énfasis en futuras investigaciones para establecer e implementar de manera específica las medidas necesarias para mejorar las condiciones del humedal.

### 5.5.1. Fragmentación del humedal

Para el manejo del riesgo con el nivel más alto se propone de manera general el siguiente programa:

**Tabla 13.** Programa de manejo de la fragmentación del humedal.

Ficha No.1	Programa de manejo de la fragmentación del humedal
<b>Objetivo</b>	
Realizar una restauración ecológica de las zonas fragmentadas del humedal El Resbalón.	
<b>Metas</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>Mejorar la conectividad ecológica entre fragmentos hasta un 60%.</li></ul>	

- Restaurar mínimo un 60% las zonas fragmentadas que están dentro del área del humedal.
- Realizar la compra del predio donde está ubicado el humedal El Resbalón.

#### **Afectaciones por controlar y/o mitigar**

- Pérdida de la conectividad ecológica
- Cambios en el ecosistema
- Alteración de los procesos químicos y biológicos
- Disminución de la biodiversidad

#### **Localización**

Las zonas fragmentadas que corresponden a los dos (2) espejos de agua que se encuentran alejados del espejo de agua principal del humedal y al fragmento en la parte norte que fue dividido por uno de los caminos.

#### **Medidas de manejo**

- Negociaciones con el dueño del predio para la compra de este para lo cual se pueden seguir algunas de las siguientes opciones:
  - Intercambio del área del humedal por un área de igual o mayor tamaño apta para cultivos o ganadería según los requerimientos del dueño.
  - Pago por servicios ambientales: consiste en remunerar una suma de dinero al dueño del predio por dejar que se conserve esa zona de humedal.
- Se deberá restablecer el régimen hidrológico de las zonas fragmentadas, para lo cual se hace necesario remover las zonas de relleno que se han realizado en el área del humedal, como la zona donde está ubicada la casa del dueño del predio y la caseta que se encuentra en el extremo del brazo en la parte occidental del humedal [50]. También se pueden usar las medidas propuestas en el programa de manejo de la eutrofización debido a que están enfocadas a la mejora de la calidad del agua.
- También se deberá realizar una reconstrucción de la estructura biótica del humedal, por lo que se usará lo planteado en el programa de manejo de las especies invasoras donde se fomenta la plantación de especies nativas en la zona terrestre, ribereña y acuática de toda el área de humedal [50]. Para este apartado se deberá seguir la guía técnica para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia.
- Se implementarán corredores ecológicos entre las zonas fragmentadas del humedal y los ecosistemas circundantes como el río Chicú para restaurar los procesos de migración de las especies de aves, reptiles y mamíferos que habitan en el humedal [15].

<b>Monitoreo</b>	
Para el seguimiento del programa y sus medidas se plantearon varios indicadores que muestran el avance que se ha tenido desde la implementación, tales como:	
<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>
<p>El indicador de recuperación de zonas fragmentadas muestra en porcentaje (%) el avance que se ha tenido desde la implementación de las medidas de recuperación ecológica, el cual deberá ser aplicado en las diferentes zonas fragmentadas del humedal.</p> $\frac{\text{Area de las zonas fragmentadas recuperadas (m}^2\text{)}}{\text{Area de zonas que requieren una restauracion(m}^2\text{)}} \times 100$	Semestral
<p>El indicador para el seguimiento de los corredores ecológicos, muestra el avance en porcentaje (%) de los corredores que serán realizados en el humedal.</p> $\frac{\text{Cantidad de corredores ecologicos realizados}}{\text{Cantidad de corredores ecologicos planteados}} \times 100$	Semestral
<p>Indicador para la restauración hidrológica: deberá ser aplicado antes de implementar la medida debido a que muestra la cantidad de agua que estará entrando y saliendo de las zonas fragmentadas y servirá para verificar el avance la restauración hidrológica.</p> <p style="text-align: center;">Caudales de entrada y salida de agua en las zonas fragmentadas (m<sup>3</sup>/s)</p>	Semestral
<b>Lineamientos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada uno de los indicadores se deberá comparar con lo establecido en el diagnóstico para observar que diferencias de han presentado y si se ha evidenciado una mejora en las condiciones del humedal y en los servicios que ofrece, también se deberá hacer la estimación de riesgo para la fragmentación del humedal con datos después de la implementación de las medidas para verificar si se ha logrado disminuir el riesgo.</li> <li>• Se deberá realizar informes donde se indique para cada fragmento las actividades de restauración, así como el registro de las especies nativas</li> </ul>	

plantadas del humedal y un registro de la fauna encontrada en el humedal y como se está dando el proceso de migración por los corredores ecológicos.

#### **Responsables**

El responsable principal deberá ser la Secretaría del Medio Ambiente, Agricultura y Desarrollo Económico de la alcaldía municipal de Cota, aunque se sugiere la participación de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) debido a la complejidad de la restauración ecológica de las zonas fragmentadas.

Fuente: Autor.

### **5.5.2. Especies introducidas**

Es el segundo riesgo con alto puntaje, para el cual se planteó el siguiente programa:

**Tabla 14.** Programa de manejo de las especies invasoras.

<b>Ficha No.2</b>	<b>Programa de manejo de las especies invasoras</b>
<b>Objetivo</b>	
Realizar actividades de control de las especies <i>Pennisetum clandestinum</i> (Kikuyo) y <i>Ulex europaeus</i> (retamo espinoso) para reemplazarlas por vegetación terrestre y acuática nativas de humedales cundiboyacenses y del bosque Andino.	
<b>Metas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erradicar el 100% de la especie <i>Ulex europaeus</i> (retamo espinoso) que se encuentra en el humedal El Resbalón y sus cercanías.</li> <li>• Reemplazar hasta un 50% la cobertura dominada por la especie <i>Pennisetum clandestinum</i> (Kikuyo).</li> <li>• Plantar mínimo un 70% del área total del humedal especies nativas de los humedales cundiboyacenses (Bosque Andino).</li> <li>• Realizar un aprovechamiento del 100% de los residuos generados en la poda.</li> </ul>	
<b>Afectaciones por controlar y/o mitigar</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la biodiversidad</li> <li>• Cambios en el ecosistema</li> <li>• Alteración de los ciclos biológicos</li> </ul>	
<b>Localización</b>	
Toda el área total del humedal y sus ecosistemas circundantes (ronda del río Chicú)	

### Medidas de manejo

- Jornadas de poda mecánica o manual de la especie *Ulex europaeus* (retamo espinoso) en toda el área del humedal y sus cercanías.
- Se reemplazará la cobertura terrestre del humedal en la cual predomina el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) por especies nativas de humedales cundiboyacenses, en este caso con especies del ecosistema de bosque Andino, tales como: Aliso (*Alnus acuminata*), Cedrillo (*Phyllanthus salviaefolius*), Duraznillo (*Abatia parviflora*), entre otras [26]. Para realizar esta medida es necesario establecer pequeñas zonas del área total del humedal que se encuentren ampliamente ocupadas por el pasto kikuyo, para luego proceder a la poda de esta especie y preparar el terreno para plantar las especies ya nombradas.
- Separar adecuadamente los residuos generados en la poda de las especies invasoras y realizar un aprovechamiento de estos, como la generación de compostaje o abonos orgánicos para cultivos.
- En la zona ribereña y acuática del humedal El Resbalón se deberá fomentar la diversidad de especies acuáticas como: *Lemma minor* (lenteja de agua), *Egeria densa* (Elodea) y *Juncus effusus* (junco), así como comunidades de algas; las cuales tienen características de ayudar a la mejora de la calidad del agua [51]. Además, se deberá establecer un control del crecimiento de algunas especies acuáticas como el buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) debido a su alta capacidad de reproducción.
- Jornadas de capacitación a la comunidad para evitar que se siembren estos tipos de especies invasoras en el área del humedal y sus cercanías.

### Monitoreo

Para el seguimiento del programa y sus medidas se plantearon varios indicadores que muestran el avance que se ha tenido desde la implementación, tales como:

Indicadores	Frecuencia
<p>Indicador de relación entre el avance de poda y plantación: muestra la relación entre las especies invasivas que se han erradicado y las especies nativas que se han plantado desde el inicio del programa.</p> <p>Número de especies erradicadas y el número de especies nativas plantadas (comparación)</p>	<p>Semestral</p>

<p>Indicador de erradicación: muestra el porcentaje (%) de erradicación de retamo espinoso en el área del humedal.</p> $\frac{\text{Número de especies erradicadas de Ulex europaeus}}{\text{Cantidad total de Ulex europaeus en el humedal y sus cercanías}} \times 100$	<p>Semestral</p>
<p>Indicador de cambio de cobertura: muestra el porcentaje (%) del área del humedal en las que su cobertura dominada por pasto Kikuyo es cambiada por la plantación de especies nativas.</p> $\frac{\text{Área de cobertura reemplazada por especies nativas (m}^2\text{)}}{\text{Área total del humedal donde predomina la especie kikuyo (m}^2\text{)}} \times 100$	<p>Semestral</p>
<p>Indicador de aprovechamiento: muestra el aprovechamiento que se ha realizado a los residuos resultantes de la poda de las especies invasoras.</p> $\frac{\text{Volumen de residuos aprovechados (m}^3\text{)}}{\text{Volumen de residuos recolectados (m}^3\text{)}} \times 100$	<p>Mensual</p>
<p><b>Lineamientos</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada uno de los indicadores se deberá comparar con lo establecido en el diagnóstico para observar que diferencias de han presentado y si se ha evidenciado una mejora la biodiversidad del humedal, también se deberá estimar el riesgo para las especies invasoras e identificar si este riesgo ha disminuido su nivel.</li> <li>• Se deberá realizar informes que compare lo establecido en el diagnostico ambiental del estado del humedal y en la identificación de las amenazas con los valores resultantes de los indicadores de seguimiento del programa, con el fin de observar que tanto se ha mejorado el ecosistema con la implementación de las medidas propuestas y tomar las respectivas acciones de mejora a las medidas planteadas.</li> <li>• Se deberá realizar un registro de las especies que han sido sembradas en el humedal, en donde muestre sus características, benéficos y cuidados que deba tener esta especie para su optimo crecimiento.</li> </ul>	
<p><b>Responsables</b></p>	
<p>El principal responsable para realizar las actividades será la Secretaría del Medio Ambiente, Agricultura y Desarrollo Económico de la alcaldía municipal de Cota. En lo posible también incluir a los colegios Parcelas y José Max León para las actividades de siembra y de capacitación de la comunidad con actividades didácticas junto a la alcaldía.</p>	

Fuente: Autor.

### 5.5.3. Eutrofización

Es el tercer riesgo con un nivel alto, el cual según la metodología seguida es aceptable, sin embargo, podría escalar a través del tiempo así que se plantea el siguiente programa.

**Tabla 15.** Programa de manejo de la eutrofización.

<b>Ficha No.3</b>	<b>Programa de manejo de la eutrofización</b>
<b>Objetivo</b>	
Recuperar las zonas que se encuentran actualmente eutrofizadas en el humedal El Resbalón.	
<b>Metas</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Recuperar hasta un 70% de las zonas que se encuentran actualmente eutrofizadas.</li><li>• Capacitar al 90% de los agricultores que se ubican en las cercanías del humedal.</li></ul>	
<b>Afectaciones por controlar y/o mitigar</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Disminución de la biodiversidad.</li><li>• Cambios en el ecosistema.</li><li>• Alteración de los ciclos biológicos.</li></ul>	
<b>Localización</b>	
Todo el humedal y las zonas de cultivos que están en la parte sur occidente del humedal.	
<b>Medidas de manejo</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Sembrar especies que favorezcan la reproducción de microorganismos fijadores de nitrógeno como el <i>Rhizobium</i> y <i>Frankia</i>, como el aliso (<i>Alnus acuminata</i> Kunt) el cual posee simbiosis con dicho microorganismo y es parte de la flora característica del ecosistema Bosque Andino al que pertenece el humedal, [26], [42]. Estos se sembrarán en forma de "cerca viva" en los límites de las zonas de cultivos con el fin de evitar que los nutrientes como los fosfatos y nitratos sean transportados por medio de la escorrentía al espejo de agua del humedal.</li><li>• Capacitar a los agricultores sobre la aplicación de la dosis adecuada de fertilizantes y plaguicidas en los cultivos que posea, se puede usar la guía de</li></ul>	

fertilizantes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) [52].

- Realizar un control de las especies acuáticas como el buchón de agua que actualmente aglomeran por completo el espejo de agua del río Chicú.
- Realizar un control de las especies acuáticas que se aglomeran en gran parte de los otros dos (2) espejos de agua que posee el humedal; por medio de actividades de erradicación de especies con una alta tasa de reproducción como el buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) y plantación de especies nativas para aumentar la diversidad en estos.

### Monitoreo

Para el seguimiento del programa y sus medidas se plantearon varios indicadores que muestran el avance que se ha tenido desde la implementación, tales como:

Indicadores	Frecuencia
<p>Indicador de concentración de nutrientes: muestra la concentración de nitratos que posee el agua en el punto de medición.</p> <p style="text-align: center;">Concentración de nitratos en el agua [mg/L]</p> <p style="text-align: center;">Concentración de fosfato inorgánico en el agua [mg/L]</p>	Semestral
<p>Indicador biológico: muestra según parámetros biológicos la calidad del agua de un cuerpo de agua.</p> <p style="text-align: center;">Índice BMWP/col (biological Monitoring Working Party score)</p>	Semestral
<p>Indicador de eutrofización: muestra el estado de eutrofización en el que se encuentra un cuerpo de agua.</p> <p style="text-align: center;">Índice de contaminación trófico (ICOTRO)</p>	Semestral

### Lineamientos

- Se deberán realizar informes basados en el estado de la eutrofización en el humedal El Resbalón usando los indicadores propuestos como el ICOTRO que muestra el nivel de eutrofización que posee el humedal. En caso de que no se disminuyan los niveles de concentración de fosfatos y nitratos en el agua se deberá realizar mediciones en campo al río Chicú y a las entradas de agua

del humedal para determinar en qué puntos se perciben altos niveles de nutrientes y así asignar otro tipo de estrategias como la plantación de especies actuantes fijadoras de nitrógeno y fósforo en estas.

- Se deberá registrar en formatos de seguimiento las capacitaciones realizadas a la comunidad agrícola sobre el uso adecuado de fertilizantes y pesticidas, así como formatos que describan las características de las especies fijadoras de nitrógeno o fósforo que se lleguen a utilizar en los límites de los cultivos.

#### **Responsables**

El responsable para la realización de este tipo de medidas y la determinación de los indicadores será la Secretaría del Medio Ambiente, Agricultura y Desarrollo Económico de la alcaldía municipal de Cota con ayuda de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). También se podrían incluir a los colegios de la zona para que participen por medio de investigaciones científicas sobre que otros indicadores o medidas en la mejora de la eutrofización se podrían implementar en el humedal, la cual a su vez pueda contar con la ayuda de la Universidad Santo Tomás en el área de ingeniería ambiental para el aporte de conocimiento necesario.

Fuente: Autor.

#### **5.5.4. Otros riesgos**

Existen dos riesgos que pueden escalar su nivel a futuro que son el riesgo por vertimientos domésticos y el riesgo por la disposición de residuos sólidos urbanos y escombros. Por lo tanto, se plantean los siguientes programas para su manejo y control.

**Tabla 16.** Programa de manejo de los vertimientos domésticos.

<b>Ficha No.4</b>	<b>Programa de manejo de los vertimientos domésticos</b>
<b>Objetivo</b>	
Realizar un control sobre los vertimientos que se generan en el humedal El Resbalón y en el río Chicú.	
<b>Metas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplir con los niveles máximos permisibles en los vertimientos identificados según la resolución 631 de 2015.</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratar el 100% de los vertimientos domésticos que tengan una alta concentración de nutrientes para evitar un aumento en la eutrofización.</li> </ul>	
<b>Afectaciones por controlar y/o mitigar</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la calidad del agua</li> <li>• Disminución de la biodiversidad</li> <li>• Alteración en los procesos químicos y biológicos</li> </ul>	
<b>Localización</b>	
En los tres (3) puntos de vertimientos identificados en el humedal y sus cercanías (ver mapa de vertimientos).	
<b>Medidas de manejo</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deberá realizar un tratamiento previo a los vertimientos que se realicen en el humedal y sus ecosistemas circundantes, en especial los que estén cargados de nutrientes como fosfatos y nitratos para evitar un aumento en la eutrofización. A pesar de que el humedal ofrezca el servicio de purificación de agua se hace necesario este tratamiento por el estado actual del humedal que en general posee una mala calidad de agua y problemas por eutrofización, por lo cual no puede ofrecer este servicio de manera óptima hasta que se logre restaurar.</li> <li>• Identificar los nuevos puntos de vertimientos que se puedan llegar a generar por actividades antrópicas y llevar un control sobre el tratamiento de estos y que cumplan con la normatividad vigente.</li> </ul>	
<b>Monitoreo</b>	
Para el seguimiento del programa y sus medidas se plantearon varios indicadores que muestran el avance que se ha tenido desde la implementación, tales como:	
<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>
Cumplimiento de los límites máximos permisibles para vertimientos puntuales en cuerpos de agua superficial según la resolución 631 de 2015.	Anual
<b>Lineamientos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deberá realizar una comparación del indicador con el estado de cumplimiento de la calidad del vertimiento de acuerdo con la normatividad actual vigente (resolución 631 de 2015).</li> <li>• Si se llegan a presentar nuevos puntos de vertimientos deberán estar registrados y localizados geográficamente para que sean posteriormente analizados y comparados con la normatividad de calidad de vertimientos vigente.</li> </ul>	
<b>Responsables</b>	

El responsable para la implementación de las medidas y la aplicación del indicador será la Secretaría del Medio Ambiente, Agricultura y Desarrollo Económico de la alcaldía municipal de Cota.

Fuente: Autor.

**Tabla 17.** Programa de manejo de la disposición de residuos sólidos urbanos y escombros.

<b>Ficha No.5</b>	<b>Programa de manejo de la disposición de residuos sólidos urbanos y escombros.</b>
<b>Objetivo</b>	
Realizar un control sobre los residuos sólidos urbanos y escombros que se depositan en las cercanías del humedal El Resbalón.	
<b>Metas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la limpieza del 100% de la zona donde se depositan de manera no autorizada escombros.</li> <li>• Recuperar hasta un 70% las condiciones del suelo en la zona donde se disponen de manera no autorizada en las cercanías al espejo de agua principal del humedal.</li> <li>• Prohibir que se depositen escombros y residuos sólidos urbanos en el humedal.</li> </ul>	
<b>Afectaciones por controlar y/o mitigar</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la calidad del agua</li> <li>• Disminución de la biodiversidad</li> <li>• Contaminación del suelo</li> </ul>	
<b>Localización</b>	
Las zonas identificadas donde se disponen residuos sólidos urbanos y escombros en las cercanías al espejo de agua principal del humedal.	
<b>Medidas de manejo</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizará la limpieza de la zona donde se disponen de manera no autorizada escombros provenientes de la construcción, también se implementará un proceso de recuperación de la capa orgánica del suelo donde se disponían estos residuos para plantar especies terrestres y semi acuáticas nativas del humedal.</li> </ul>	

- Se deberá realizar un trabajo de concientización a la comunidad para evitar que se sigan depositando escombros y residuos sólidos urbanos en las cercanías del humedal. Además de la posibilidad de generar sanciones económicas como multas a las personas que realicen este tipo de actividades en el área del humedal.
- Se deberá trasladar el contenedor de residuos sólidos urbanos que se ubica cerca al espejo de agua principal del humedal para evitar que sus lixiviados lleguen a este.

### **Monitoreo**

Para el seguimiento del programa y sus medidas se plantearon varios indicadores que muestran el avance que se ha tenido desde la implementación, tales como:

<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>
<p>Indicador de personas capacitadas: mide la cantidad de personas que asisten a las capacitaciones sobre no disponer residuos sólidos urbanos o escombros en las orillas del humedal.</p> <p style="text-align: center;">Cantidad de personas capacitadas</p>	Semanal
<p>Indicador de recuperación: mide como es el avance de la recuperación en porcentaje (5) del suelo de la zona donde se disponen escombros en el humedal.</p> $\frac{\text{Área de la zona recuperada (m}^2\text{)}}{\text{Área total de la zona a recuperar(m}^2\text{)}}$	Semestral

### **Lineamientos para el monitoreo y control**

- Se realizarán informes sobre el seguimiento a la limpieza de la zona donde se disponen escombros y formatos sobre el estado de la recuperación de suelo y las especies que serán plantadas en la zona.
- Se deberá tener un registro de la cantidad de personas que han sido concientizadas para evitar que se siga generando este riesgo.

### **Responsables**

El responsable de las capacitaciones será por parte de la Secretaría del Medio Ambiente, Agricultura y Desarrollo Económico de la alcaldía municipal de Cota, así como colaboración de la comunidad de la vereda o de los colegios para la limpieza de la zona.

Fuente: autor.

### **5.5.5. Trabajo con la comunidad y las entidades**

Para aplicar las estrategias de manejo ambiental en el humedal El Resbalón es necesario trabajar en conjunto a la comunidad para generar un sentido de pertinencia y que conozcan la importancia de preservar los servicios que ofrecen estos tipos de ecosistemas, por medio de las siguientes actividades:

- Presentación de los resultados obtenidos ante los representantes de la alcaldía de Cota y, rectores y profesores de los colegios que se encuentran cerca al humedal para que conozcan las medidas propuestas y tener claridad los pasos a seguir para su implementación.
- Por parte de los colegios se han generado actividades de investigación con los estudiantes (aula viva) para la preservación y el manejo del humedal, cuyo trabajo es necesario que continúe y sea expuesto en ferias o actividades municipales para la difusión de conocimiento. Por lo cual se debe continuar con este trabajo e incluir en el proceso al colegio José Max León que también se encuentra cerca al área del humedal.
- Concientización con la comunidad aledaña al humedal para que conozcan los servicios ecosistémicos que este ofrece y ayuden en la preservación del humedal.
- Establecer un acuerdo con el dueño del predio donde está ubicado el humedal para que no exista un conflicto de intereses entre la entidad municipal y el propietario.
- Establecer los recursos (humanos y económicos) que puedan ser destinado por parte de la alcaldía de Cota y la CAR Cundinamarca, así como de la comunidad aledaña y de los colegios para que se pueda iniciar con la implementación de las medidas descritas y realizar el seguimiento pertinente a la destinación de estos recursos.

## 6. IMPACTO SOCIAL

Lo propuesto en la estrategia de manejo ambiental del humedal El Resbalón busca que se ayuden a controlar, disminuir o mitigar los riesgos ambientales que tienen una mayor afectación dentro del humedal como lo es la fragmentación, todo esto junto a un trabajo con la comunidad aledaña como el colegio Parcelas donde los profesores y los estudiantes han realizado actividades de investigación que buscan un mejoramiento del humedal y la idea es seguir apoyando estos proyectos brindando información que puedan utilizar para futuras investigaciones convirtiéndose en una “aula viva” y se fomente la protección y la conservación del agua, contando a su vez con el apoyo de la Alcaldía de Cota en la organización de eventos para divulgar la información. También se desea llegar a un acuerdo con el dueño del predio donde está ubicado el humedal para que no exista un conflicto de intereses y el humedal sea completamente fragmentado por alguna futura actividad económica que se presente en este.

Con esto se busca que sean preservados los servicios ecosistémicos que ofrece el humedal donde se destaca la mejora en la calidad del agua, captura de dióxido de carbono y metano, control del flujo del agua, albergar una gran diversidad y servicios a la población aledaña como el provisionamiento de plantas medicinales como el barbasco (*Polygonum punctatum*) y el botoncillo (*Bidens laevis*) a las comunidades que están cerca del humedal, turismo, recursos para el soporte de la comunidad, entre otros [14].

## 7. CONCLUSIONES

- En el diagnóstico ambiental del humedal El Resbalón se lograron identificar varios problemas, el primero es la mala calidad del agua que tiene actualmente el humedal debido principalmente a las condiciones en las que se encuentra el río Chicú como la alta eutrofización que cubre la lámina de agua en su totalidad, ocasionado por el aumento de nutrientes en el río por actividades de ganadería, agricultura y vertimientos industriales que se dan aguas arriba de este; también la mala calidad de agua en el humedal se debe a los vertimientos domésticos que se descargan cerca al humedal que vienen principalmente cargados de materia orgánica y algunos nutrientes. Otra problemática es el conflicto del uso de suelo del área donde se encuentra el humedal debido a que este se encuentra en un predio privado ocasionando un desplazamiento de las especies nativas del humedal por la introducción de especies invasoras como el pasto kikuyo y el retamo espinoso para actividades de ganadería y la construcción de edificaciones como caminos, torres de transmisión de energía y un asentamiento humano dentro del área del humedal y sus alrededores.
- Con la metodología de análisis de riesgos usada se lograron identificar un total de 9 amenazas que son: vertimientos domésticos, vertimientos agrícolas, eutrofización, desarrollo urbanístico rural, construcción de vías terciarias, fragmentación del humedal, disposición de residuos sólidos urbanos y escombros, sobre explotación de recursos naturales y especies introducidas. De los cuales los que tienen un valor elevado de riesgo son: fragmentación del humedal, especies introducidas y la eutrofización respectivamente; también se logró identificar que existen dos (2) riesgos que tienen una alta probabilidad de escalar en el tiempo si no se controlan que son: disposición de residuos sólidos y urbanos, y los vertimientos domésticos. Por último, se logró identificar según análisis de causa – efecto que existen relaciones entre los riesgos, es decir, algunos riesgos tienen la capacidad de desatar otros riesgos.
- En la estrategia ambiental para el manejo del humedal se lograron consolidar lineamientos generales que se deberán seguir y ampliar para el control, disminución o mitigación de los riesgos que actualmente afectan al humedal El Resbalón, por medio de unos programas que se componen de: objetivos, metas, medidas de manejo, afectaciones a controlar, medidas de manejo y

responsables. De manera general las medidas para controlar el riesgo mas significativo que es la fragmentación del humedal están enfocadas a la restauración ecológica de las partes fragmentadas, donde se busca restablecer la biodiversidad del humedal, mejorar la hidrología y la conectividad ecológica.

## 8. RECOMENDACIONES

En esta evaluación de riesgos ambientales se planteo un diseño para la estrategia ambiental de los riesgos que afectan el humedal de forma general por lo que se deberá continuar el trabajo realizado dando un énfasis en el diseño formal de una estrategia de manejo para los riesgos encontrados en el humedal El Resbalón donde se dicten de manera específica los pasos que se debe seguir para la restauración ambiental de este ecosistema y el planteamiento de un programa de monitoreo que indique como es el comportamiento de la estrategia a través del tiempo, los pasos a seguir cuando una medida no se desarrolla de forma óptima y cómo será la identificación de riesgos no previstos. Otra recomendación es realizar la zonificación de los niveles de riesgos usando sistemas de información geográfica como se estipula en varias metodologías por lo que se sugiere que en investigaciones futuras se enfoque en evaluar el riesgo usando sistemas de información geográfica (SIG) y analizar si se llegan a la misma categorización de riesgos.

En relación con lo anterior también se recomienda que se utilice otro método como el marco para evaluar riesgos en humedales del Convenio RAMSAR para observar las diferencias que se puedan obtener al realizar las comparaciones con este trabajado; así mismo se sugiere que sean usados métodos cuantitativos para analizar en detalle los riesgos relacionados a compuestos químicos como la concentración de nutrientes en el agua que lugar a la eutrofización o como se ve afectada la cadena trófica por los vertimientos que llegan al humedal por medio de mediciones directas en campo. Además, se sugiere que en proyectos futuros sea implementado un modelo de evolución de riesgos en donde se muestre como se ha comportado el riesgo a través del tiempo y como podría evolucionar si se implementan diferentes tipos de estrategias con el fin de identificar que tipo de estrategias serian la mas adecuadas en la disminución y mitigación de riesgos. También es necesario un proyecto enfocado a la comunidad aledaña del humedal que analice como se está dando las relaciones socio-ecológicas en esta zona.

Además, se sugiere la divulgación de información de este trabajo para que pueda ser aplicado por la alcaldía municipal de Cota, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), y la comunidad de la vereda Parcelas para que conozcan los servicios ecosistémicos que ofrece el humedal El Resbalón; adicionalmente, los riesgos ambientales que se pueden generar en este y como podría ser preservado.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. Betancur-Vargas, D. García-Giraldo, A. Vélez-Duque, A. Gómez, C. Flórez-Ayala, J. Patiño y J. Ortiz-Tamayo, «Aguas subterráneas, humedales y servicios ecosistémicos en Colombia,» *Biota Colombiana*, vol. 18, nº I, 2017.
- [2] U. Jaramillo, J. Cortes Duque y C. Flórez, Colombia Anfibia, un país de humedales, vol. II, Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2016.
- [3] S. Hu, Z. Niu, Y. Chen, L. Li y H. Zhang, «Global wetlands: Potential distribution, wetland loss, and status,» *Science of the Total Environment*, vol. 586, pp. 319 - 327, 2017.
- [4] U. Jaramillo, J. Cortes Duque y C. Flórez, Colombia Anfibia. Un país de humedales., vol. I, Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2015.
- [5] K. Chatterjee, A. Bandyopadhyay, A. Ghosh y S. Kar, «Assessment of environmental factors causing wetland degradation, using Fuzzy Analytic Network Process: A case study on Keoladeo National Park, India,» *Ecological Modelling*, vol. 316, pp. 1 - 13, 2015.
- [6] Ministerio del Medio Ambiente, Política Nacional para Humedales interiores de Colombia, Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente, 2002.
- [7] L. M. Camargo Rodriguez, G. Quivano Salinas, R. Jakson Sierra, Á. M. Jaramillo Londoño y L. Salazar López, «Análisis de la influencia de los procesos de cambio de cobertura y uso de la tierra en la funcionalidad ecosistémica de humedales altoandinos. estudio de caso: humedal el resbalón en cota, cundinamarca, colombia,» Bogotá D.C., 2017.
- [8] S. Chen, B. Chen y B. Fath, «Ecological risk assessment on the system scale: A review of state-of-the-art,» *Ecological Modelling*, vol. 250, pp. 25 - 33, 2013.
- [9] B. Malekmohammadi y L. Rahimi Blouchi, «Ecological risk assessment of wetland ecosystem susing Multi Criteria Decision Making and Geographic Information System,» *Ecological Indicators*, vol. 41, pp. 133 - 144, 2014.
- [10] Convención de los Humedales (RAMSAR), *Marco para evaluar riesgos en humedales*, Ramsar.

- [11] W. Mitsch y U. Mander, «Wetlands and carbon revisited,» *Ecological Engineering*, vol. 114, pp. 1 - 6, 2018.
- [12] N. Ouyang, S. Lu, B. Wu, J. Zhu y H. Wang, «Wetland Restoration Suitability Evaluation at the Watershed,» *Procedia Environmental Sciences*, vol. 10, pp. 1926 - 1932, 2011.
- [13] Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Humedales del Territorio CAR, Bogotá D.C., 2011.
- [14] J. Bai, L. Huang, H. Gao y G. Zhang, «Wetland biogeochemistry and ecological risk assessment,» *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 97, pp. 1 - 2, 2017.
- [15] F. Diaz Pineda, M. F. Schmitz, I. Aranzabal, S. Hernández y C. Bautista, Conectividad ecológica territorial. Estudio de casos de conectividad ecológica y socioecológica, Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011.
- [16] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, *Gestión del riesgo ambiental principios y proceso (GTC 104)*, Bogotá D.C.: ICONTEC, 2009.
- [17] Ministerio del Interior y de Justicia, *Guía municipal para la Gestión del riesgo*, Bogotá D.C., 2010.
- [18] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, «NTC ISO 14001: 2015. Sistema de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso,» ICONTEC, Bogotá D.C., 2015.
- [19] AENOR, *Análisis y evaluación del riesgo ambiental*, 2008.
- [20] Corporación Autónoma Regional Del Valle Del Cauca, «Plan de manejo ambiental integral humedal laguna de sonso municipio de guadalajara de buga,» Santiago De Cali, 2007.
- [21] B. Malekmohammadi y F. Jahanishakib, «Vulnerability assessment of wetland landscape ecosystem services using,» *Ecological Indicators*, vol. 82, pp. 293 - 303, 2017.
- [22] Universidad Nacional de Colombia, «Formulación del plan de manejo ambiental del parque ecológico distrital humedal Tibanica,» Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2006.
- [23] CEPAL, GTZ, «Guía metodológica – Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible,» Naciones Unidas, Santiago de Chile, 2009.

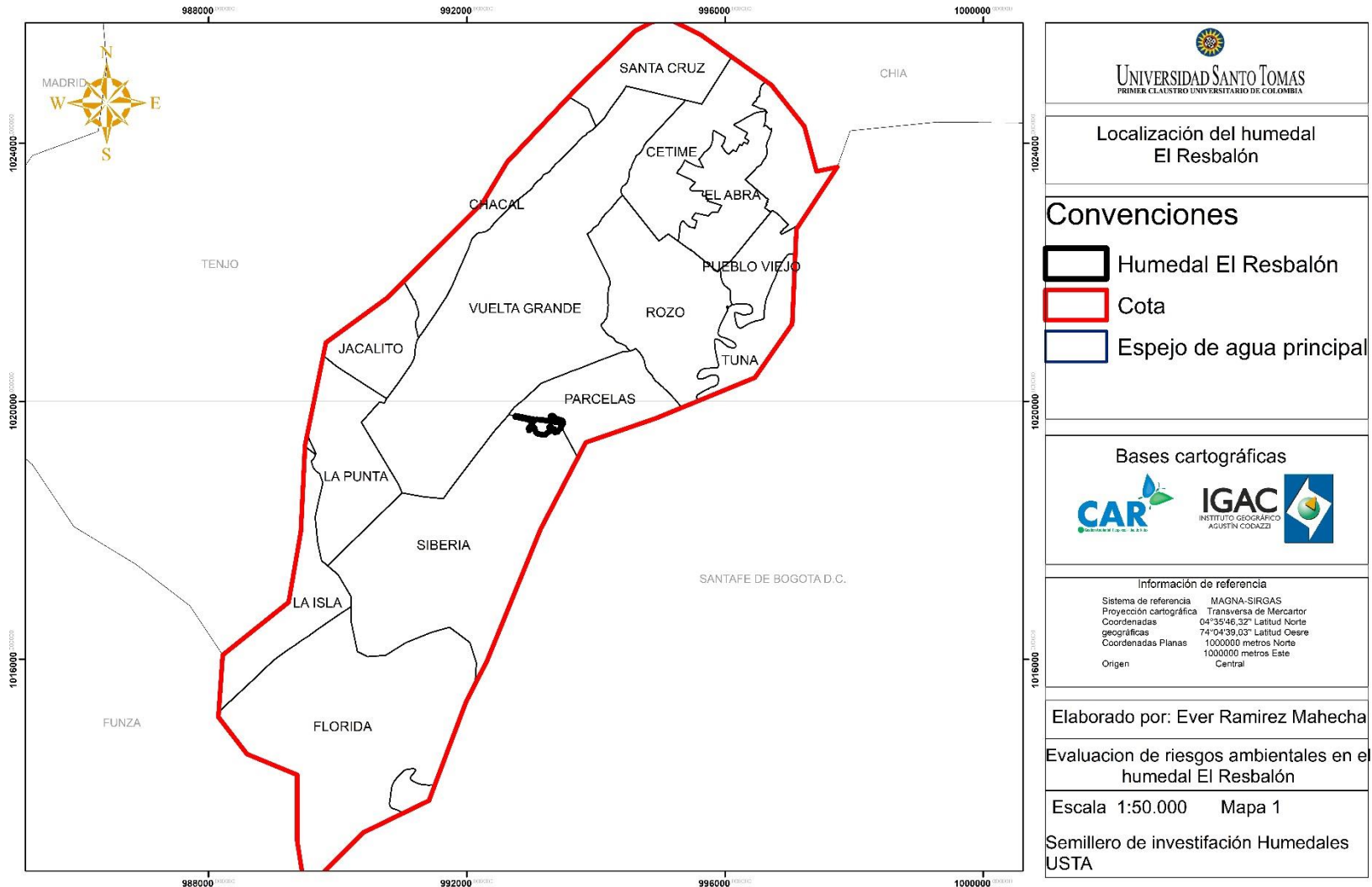
- [24] A. M. Cerón Alarcón, E. D. Chávez Alarcón, K. Carrillo Florián, R. Sierra Parada, L. Salazar López y Á. M. Jaramillo Londoño, «Determinación de la estructura de la comunidad de determinación de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados como indicador de calidad del agua del humedal el resbalón, cota, cundinamarca,» Bogotá D.C., 2017.
- [25] C. Lasso, F. d. P. Guitierrez y D. Morales, «Humedales interiores de Colombia: identificación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos,» Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá D.C., 2014.
- [26] Municipio de Cota, «Revisión general PBOT Cota,» CIDETER S.A.S, Cota.
- [27] Planeacion Ecológica Ltda; Ecoforest Ltda, «Elaboración del Diagnostico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá. Subcuenca del río Chicú.,» Bogotá D.C..
- [28] P. A. Gonzáles Martínez, L. Salazar López y F. Herrera Jacquelin, «Determinación de la estructura y dinámica temporal de algas perifíticas del humedal El Resbalón- Municipio de Cota Cundinamarca (Colombia),» Bogotá D.C., 2017.
- [29] K. Carrillo Florián, A. M. Cerón Alarcón, E. D. Chavez Alarcon y Á. M. Jaramillo Londoño, «Identificación de la comunidad de macroinvertebrados del humedal el resbalón y su relación con los parámetros de determinación de calidad del agua para conservación de ecosistemas,» Bogotá D.C., 2017.
- [30] Á. Jaramillo Londoño, K. Carrillo, A. Cerón, E. Chavez, R. Sierra - Parada y L. Salazar Lopez, «Diagnostico de aspectos limnologicos del humedal El Resbalón (Cundinamarca, Colombia), como apoyo a estrategias para su conservacion y manejo,» Bogotá D.C., 2017.
- [31] E. D. Chavez Alarcon, A. M. Cerón Alarcón, R. S. Carrillo Florián, L. Salazar Lopez y Á. Jaramillo, «Análisis de las condiciones fisicoquímicas de calidad del agua del humedal el resbalón como herramienta para la gestión del mismo dirigido a la conservación y preservación de flora y fauna,» Bogotá D.C., 2017.
- [32] M. Pilar Arroyave, «LA LENTEJA DE AGUA (Lemna minor L.): UNA PLANTA ACUÁTICA PROMISORIA,» *Revista EIA*, nº 1, pp. 33 - 38, 2004.
- [33] K. R.P. y L. D.M. , «Invasive Species,» *Encyclopedia of Inland Waters*, pp. 92 - 99, 2009.

- [34] S. Bustamante Sanint, «Modelado de especies invasoras, caso de estudio: pérdida del espejo de agua en la laguna de Fúquene por invasión del buchón (*Eichhornia crassipes*).», Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., 2010.
- [35] I. Lara Caro, O. Z. Romero y R. Lora Silva, «Producción de abonos orgánicos con la utilización de elodea (*Egeria densa*).», *Actualidad & Divulgación Científica*, vol. 12, nº 1, pp. 91 - 100, 2009.
- [36] D. Sánchez y G. Amat García, «Diversidad de la fauna de artrópodos terrestres en el humedal jaboque, bogotá-colombia», *Caldasia*, vol. 27, nº 2, pp. 311 - 328, 2005.
- [37] L. Frando Vida, C. Ruiz Agudelo, J. Degado, G. Andrade y A. Guzmán, «Interacciones socioecológicas que perpetúan la degradación de la laguna de Fúquene, Andes orientales de Colombia», *Ambiente y Desarrollo*, vol. XIX, nº 37, pp. 49 - 66, 2015.
- [38] Fundación humedal la Conejera, «Plan de Manejo Ambiental La Conejera», Bogotá D.C..
- [39] J. d. J. Vargas Martínez, A. M. Sierra Alarcón, E. A. Mancipe Muñoz y Y. Avellaneda Avellaneda, «El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano», *CES. Medicina veterinaria y zootecnia*, vol. 13, nº 2, pp. 137 - 156, 2018.
- [40] Concejo Municipal de Cota, «Plan de desarrollo municipal», Cota, 2016.
- [41] J. P. Gallo Orozco, L. Salazar Lopez, A. M. Jaramillo Londoño y L. X. Bonilla Alvarez, «Estructura y dinámica de la comunidad fitoplanctónica en el humedal "El Resbalón",» Bogotá D.C., 2017.
- [42] A. Ansari, S. Singh, G. Lanza y W. Rast, *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*, New Delhi: Springer, 2011.
- [43] M. Le Moal, C. Gascuel-Odoux, A. Ménesguen, Y. Souchon, C. Étrillard, A. Levain, F. Moatar, A. Pannard, P. Souchu, A. Lefebvre y G. Pinay, «Eutrophication: A new wine in an old bottle?», *Science of the Total Environment*, nº 651, pp. 1 - 11, 2019.
- [44] E. Perez Correa y M. A. Farah Quijano, «Los modelos de desarrollo y las funciones del medio rural en Colombia», *Cuadernos de Desarrollo Rural*, nº 49, pp. 10 - 27, 2002.

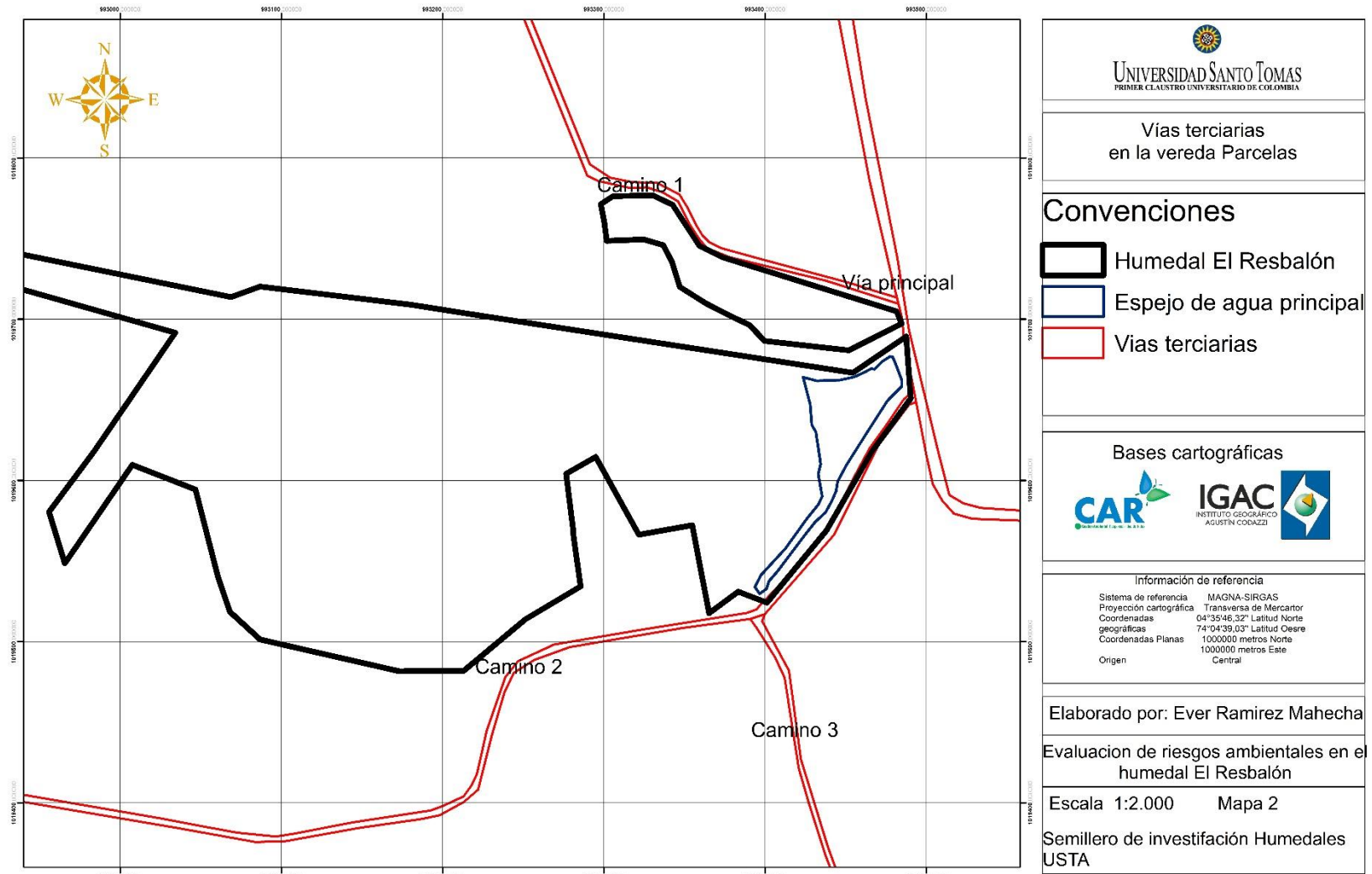
- [45] J. I. Cárdenas Pinzón y L. E. Vallejo Zamudio, «Agricultura y desarrollo rural en Colombia 2011-2013: una aproximación,» *Apuntes Cenes*, vol. 35, n° 62, pp. 87 - 123, 2016.
- [46] W. Jiang, J. Lv, C. Wang, Z. Chen y Y. Liu, «Marsh wetland degradation risk assessment and change analysis: A case,» *Ecological Indicators*, vol. 82, pp. 316 - 326, 2017.
- [47] G. Nogar y M. Posada, «La agroindustria integrada de base rural. Una herramienta alternativa para el desarrollo rural,» *Cuadernos de Desarrollo Rural*, n° 35, pp. 46 - 65, 1995.
- [48] P. Oberholster, P. McMillan, K. Durgapersad, A. Botha y A. de Klerk, «The Development of a Wetland Classification and Risk Assessment Index (WCRAI) for Non-Wetland Specialists for the Management of Natural Freshwater Wetland Ecosystems,» *Water Air Soil Pollut*, vol. 225, pp. 225 - 240, 2014.
- [49] J. D. Cujia Castilla y J. J. Reyes Fábregas, «Plan de manejo ambiental del humedal El Resbalón en el municipio de Cota, Cundinamarca,» Bogotá D.C., 2017.
- [50] O. Vargas Ríos, J. E. Díaz Triana, S. P. Reyes Bejarano y P. A. Gómez Ruiz, Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia, Bogotá D.C., 2012.
- [51] A. Ansari, S. Gill y F. Khan, «Eutrophication: Threat to Aquatic Ecosystems,» de *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*, India, Springer, 2011, pp. 143 - 170.
- [52] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), «Los fertilizantes y su uso,» París, 1992.

# ANEXOS

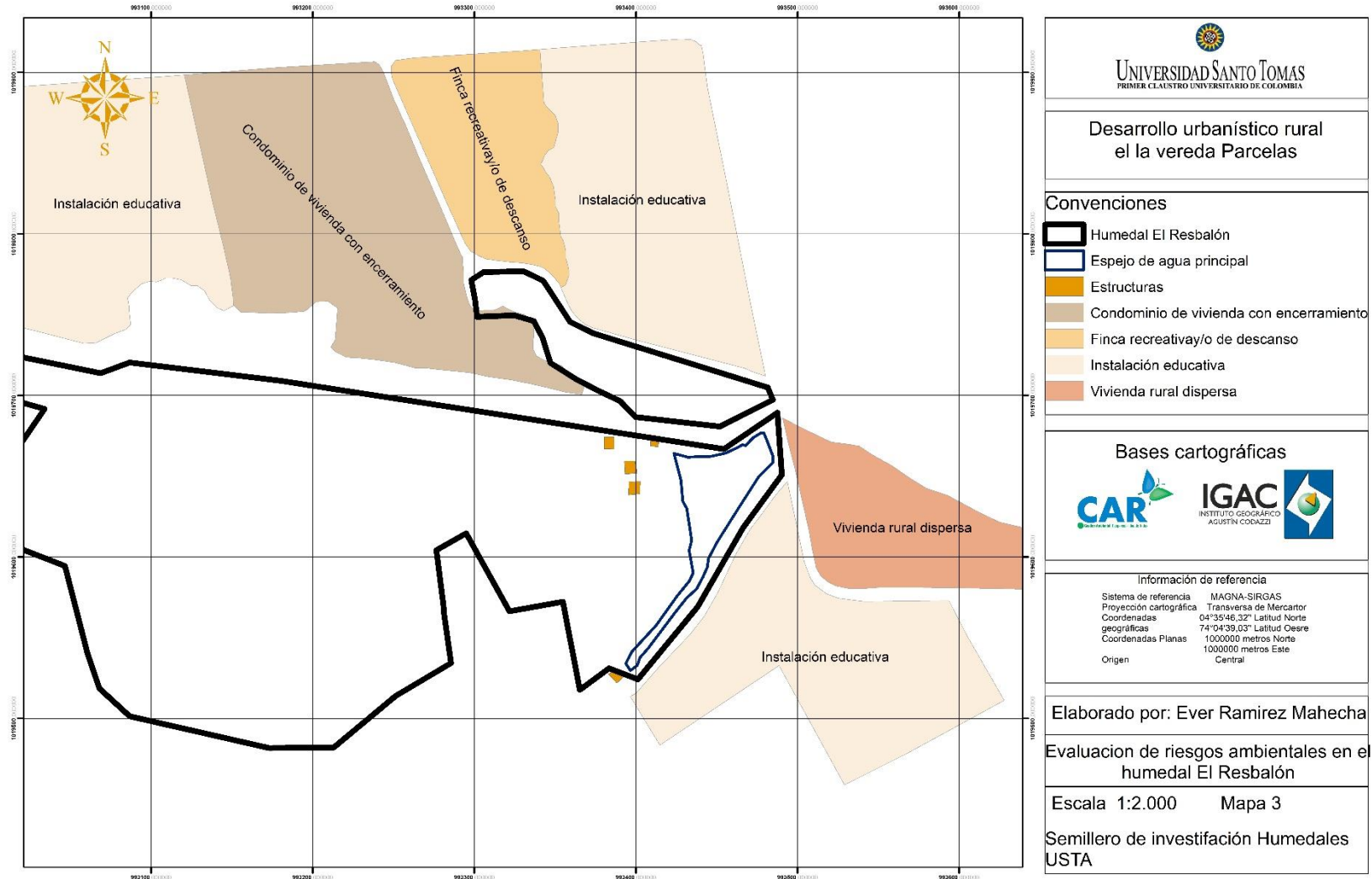
## Anexo 1



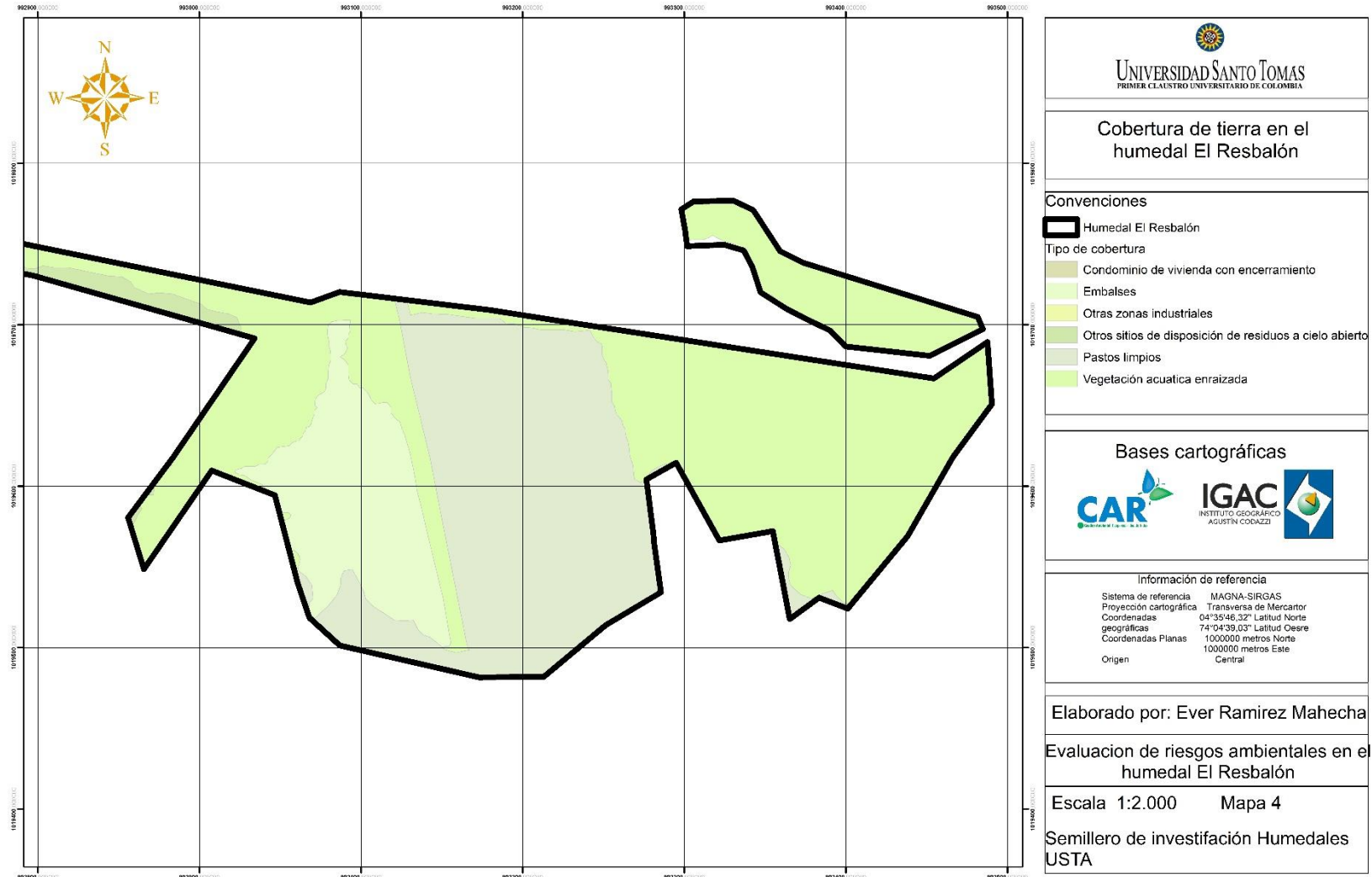
## Anexo 2



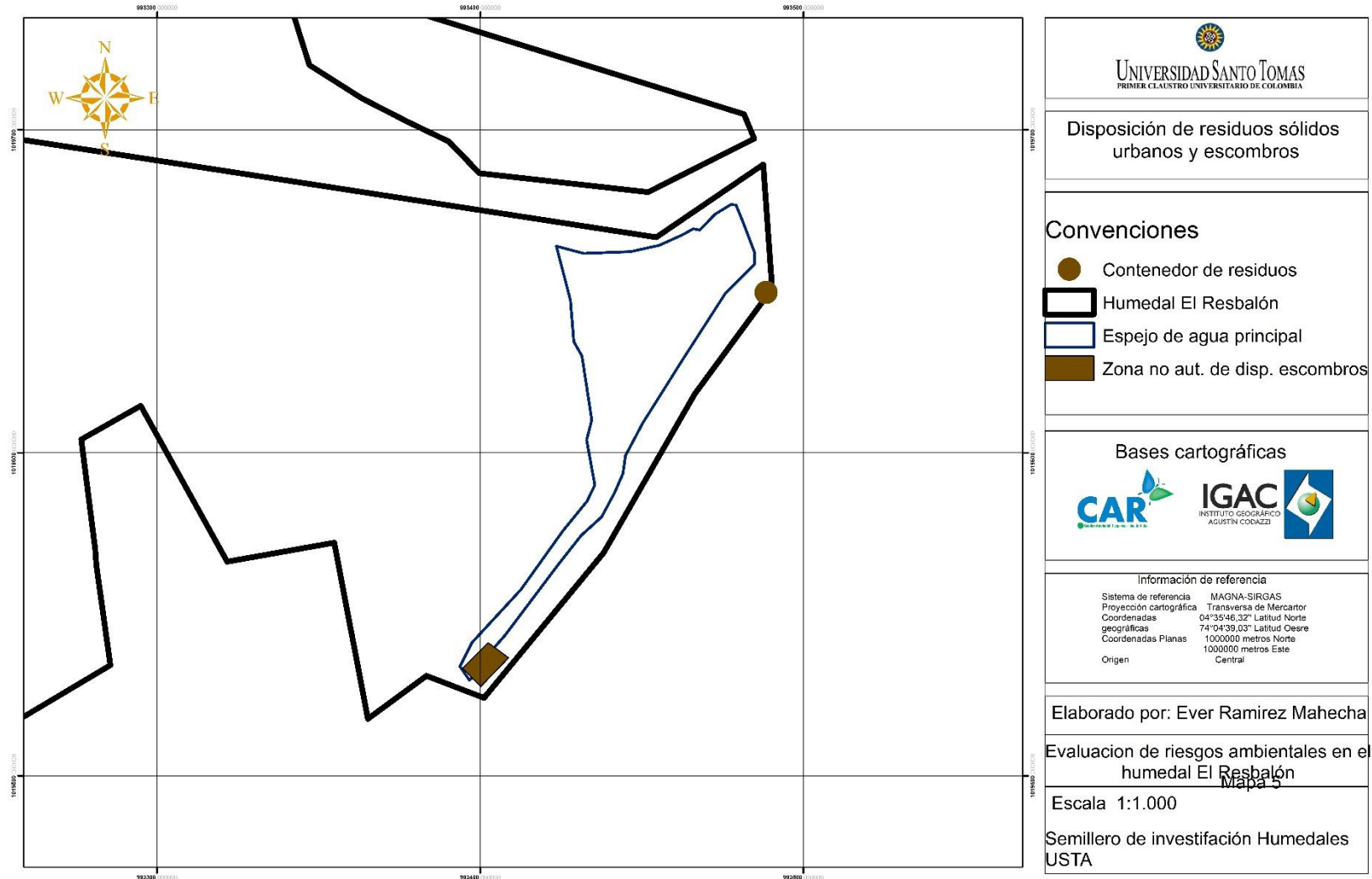
### Anexo 3



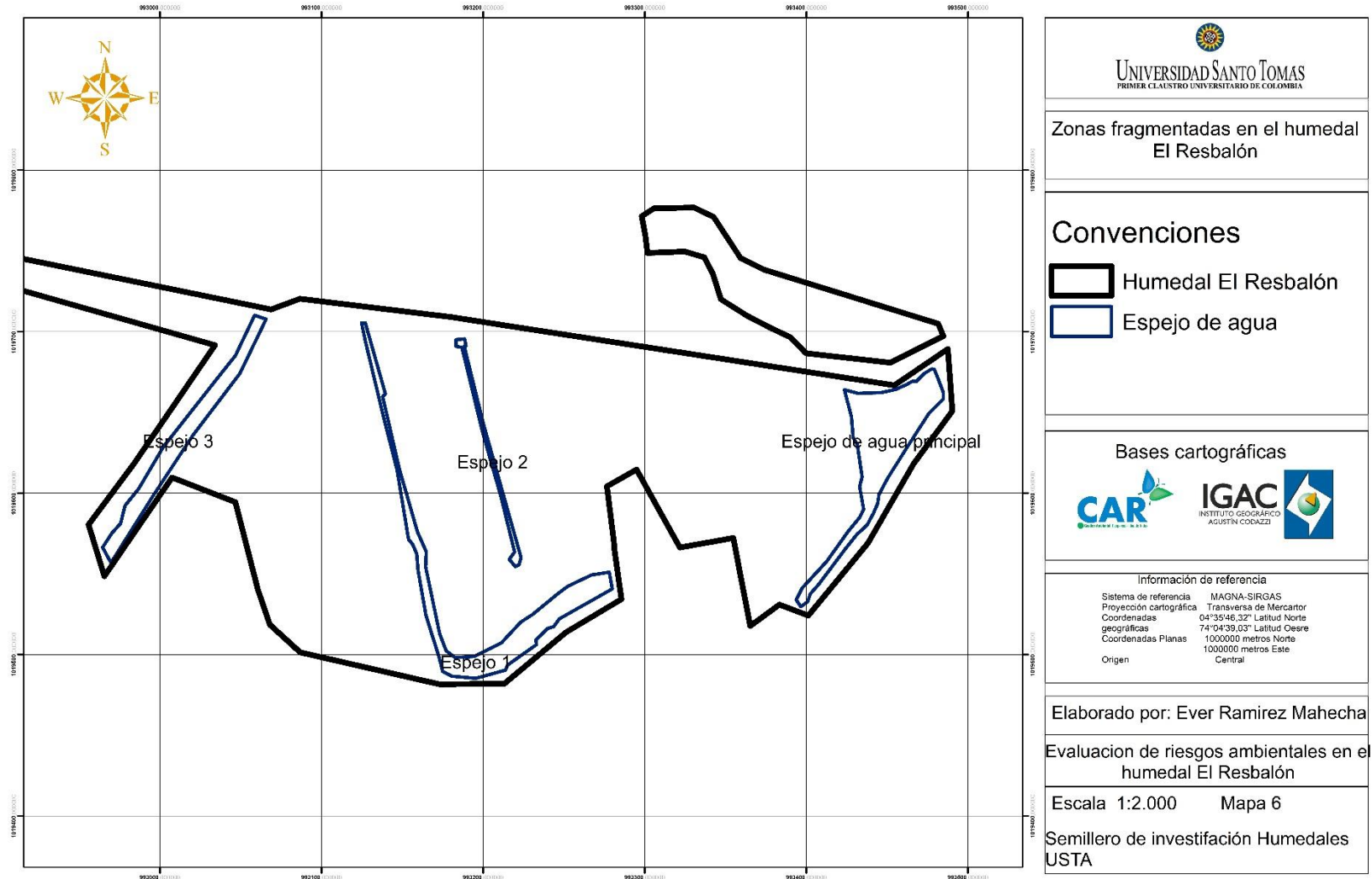
## Anexo 4



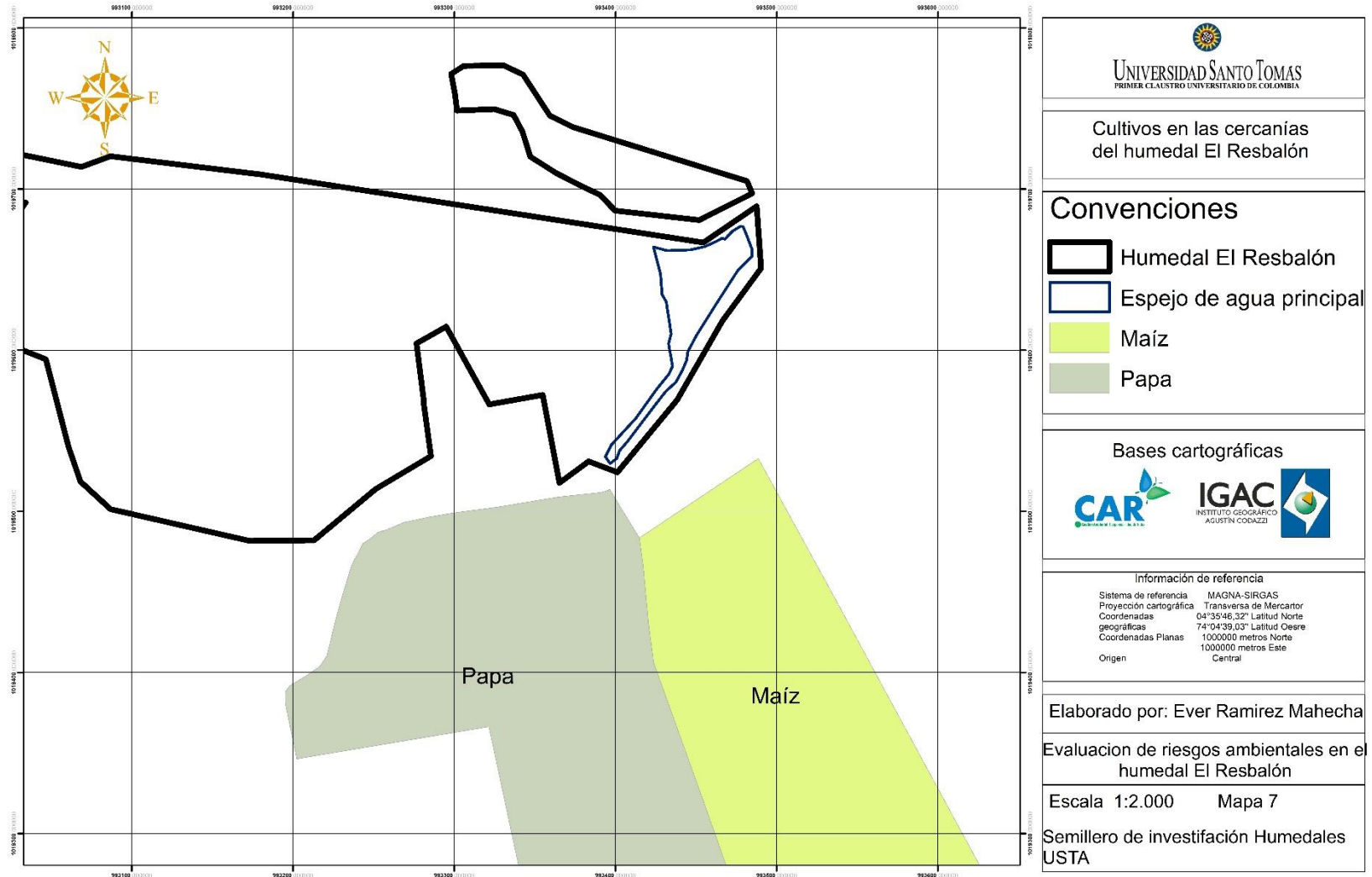
## Anexo 5



## Anexo 6



## Anexo 7



## Anexo 8

