



**UNIPAZ**<sup>®</sup>  
Instituto Universitario de la Paz



## Identificación y Valoración

De los Servicios Ecosistémicos en la Zona Alta del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI)

# Humedal San Silvestre



#### **Autoridades Académicas**

Presidente / PhD. Oscar Orlando Porras Atencia  
Vicerrector / Biol. MBA. Kelly Cristina Torres Angulo  
Directora Escuela de Ingeniería Agroindustrial / Ing. Esp. Ana Milena Salazar Beleño  
Director Escuela de Ingeniería Ambiental y de Saneamiento / Ing. Mg. Sergio Antonio Rodríguez Arrieta  
Directora Escuela Ingeniería de Producción / Ing. MBA. Angélica María Cervantes Ordóñez  
Director Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia / MVZ. MBA. Jorge Eliécer Franco Rodríguez  
Director Escuela Ingeniería Agronómica / Ing. Esp. Rafael Calderón Silva  
Directora Escuela Ciencias / Lic. Mg. Kelly Johana Gómez Jiménez  
Director Escuela Ciencias Sociales / Lic. Mg. Rodolfo Ríos Beltrán

#### **Comité Editorial**

Rector / PhD. Oscar Orlando Porras Atencia  
Vicerrector / Biol. MBA. Kelly Cristina Torres Angulo  
Directora de Investigación y Proyección Social / Ing. Esp. Mónica María Pacheco Valderrama, MSc  
Coordinadora de Editorial / Ing. Esp. Janice Ballesteros, MBA  
Representante de los editores de las revistas científicas institucionales / Ing. Esp. Janice Ballesteros, MBA  
Representante Escuela de Ingeniería Agroindustrial / Leidy Carolina Ortiz Araque  
Representante Escuela Ingeniería Ambiental y de Saneamiento / David Arsenio Rueda  
Representante Escuela Ingeniería de Producción / Lina Patricia León Galeano  
Representante Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia / Rodolfo Ruiz Posada  
Representante Escuela Ingeniería Agronómica / Leonardo Correa Rueda  
Representante Escuela Ciencias / Catalina Silva



**Proyecto: Análisis de la viabilidad de una estrategia de pagos por servicios ambientales para la conservación y defensa del ecosistema estratégico zona alta Distrito Integral de Manejo Integrado (DRMI) humedal San Silvestre, ubicado en el municipio de San Vicente de Chucuri, Santander. Convenio Interadministrativo No 1641-2019, celebrado entre la Gobernación de Santander y el Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ).**

Autores: Meza Carlos M., Torres Kelly C., Porras Oscar O., Racero Ivonne L., Paredes Miguel R., Corredor Fernando y Aguilar Yulieth.

Cita sugerida: Meza, C. M., Torres, K. C., Porras, O. O., Racero, I. L., Paredes, M. R., Corredor, F., & Aguilar, Y. (2024). Identificación y valoración de los servicios ecosistémicos en la zona alta del DRMI Humedal San Silvestre. Libro resultado de investigación. Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ). ISBN: 978-958-5542-86-0

ISBN: 978-958-5542-86-0

Fechas de publicación: 23 de octubre de 2024

Formato: iBook

Tipo de soporte: Libro digital descargable

Editor: Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ

Edición: MSc. Carlos Mauricio Meza Naranjo

Correo: carlos.meza@unipaz.edu.co

Municipio de Barrancabermeja / Departamento de Santander / País Colombia

Los trabajos son de responsabilidad de cada autor.

Prohibida la reproducción total o parcial de este libro,  
por cualquier medio, sin permiso expreso de la editorial.

Se puede acceder a una versión en PDF en [www.unipaz.edu.co](http://www.unipaz.edu.co), Editorial UNIPAZ  
País Colombia, departamento de Santander, municipio de Barrancabermeja.

## Contenido

	Pág.
Introducción	6
1. Metodología	10
1.1 Área de estudio	10
1.2 Fase 1. Identificación de Servicios Ecosistémicos	11
1.3 Fase 2. Valoración Social de los Servicios Ecosistémicos	11
1.3.1 Valoración de los SE del DRMI Humedal San Silvestre	14
1.3.2 Mapa de Servicios Ecosistémicos	16
1.4 Fase 3. Valoración Ecológica – Regulación Hídrica	16
2. Resultados	20
2.1 Fase 1. Identificación de servicios ecosistémicos.	20
2.1.1 Mapeo Colectivo.	20
2.1.2 Análisis de actores e interacción con los SE.	25
2.1.3 Reflexiones finales.	27
2.2 Fase 2. Valoración social de los servicios ecosistémicos.	29
2.2.1 Convocatoria.	29
2.2.2 Presentación de avances.	29
2.2.4 Valoración de los SE del DRMI Humedal San Silvestre (actor social-institucional).	34
2.2.5 Mapa de SE por parte de los actores institucionales.	39
2.3 Fase 3. Valoración ecológica de la regulación hídrica potencial de la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre	41
2.3.1 Calificación de variables biofísicas	41
2.3.1.1 Cobertura de la tierra	41
2.3.1.2 Geopedología.	44
2.3.1.3 Geología.	46
2.3.1.4 Pendiente	48
2.3.2 Ponderación de la regulación hídrica potencial de la parte alta del DRMI H. San Silvestre	49
Referencias	54
Anexos	58

## Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Instrumento de valoración de SE de la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre.	13
Tabla 2. Valores de ponderación de percepciones.	15
Tabla 3. Convenciones análisis de percepciones de los actores sociales.	15
Tabla 4. Aportes de los actores (DRMI Humedal San Silvestre Zona Baja).	22
Tabla 5. Aportes de los actores (DRMI Humedal San Silvestre Zona alta).	24
Tabla 6. Análisis de actores e interacción con los SE.	28
Tabla 7. Áreas de las coberturas generales de la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre.	32
Tabla 8. Resultados de la aplicación del instrumento de percepciones.	34
Tabla 9. Valoración ponderada de la percepción de los actores institucionales.	35
Tabla 10. Matriz de distancias euclídeas y dendrograma de similitud para las ponderaciones de las Unidades Proveedoras y SE.	36
Tabla 11. Valores de agregación para $r_1$ .	36
Tabla 12. Valores de agregación para $r_2$ .	38
Tabla 13. Valores de agregación para $r_3$ .	38
Tabla 14. Valoración RH de las coberturas de la tierra.	41
Tabla 15. Distribución de la regulación hídrica según tipo de cobertura de la tierra.	42
Tabla 16. Valoración RH – Geopedología.	44
Tabla 17. Distribución de la regulación hídrica según geopedología.	45
Tabla 18. Tipo de erosión presente en la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre.	46
Tabla 19. Valoración RH – Geología.	47
Tabla 20. Distribución de la regulación hídrica según geología.	47
Tabla 21. Valoración RH – Pendientes.	48
Tabla 22. Distribución de la regulación hídrica según el tipo de pendiente.	48
Tabla 23. Distribución de la regulación hídrica potencial del DRMI H. San Silvestre parte alta.	50

## Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Ubicación del DRMI Humedal San Silvestre.	10
Figura 2. Metodología – valoración ecológica.	17
Figura 3. Esquema artístico del análisis multicriterio.	18
Figura 4. Actores realizando el mapeo colectivo de SE del DRMI Humedal San Silvestre.	20
Figura 5. Mapeo colectivo de SE DRMI Humedal San Silvestre zona baja.	21
Figura 6. Mapeo colectivo de SE DRMI Humedal San Silvestre zona alta.	23
Figura 7. Presentación, estado ecosistémico del DRMI Humedal San Silvestre.	30
Figura 8. Clasificación de las principales coberturas de la tierra del DRMI H. San Silvestre.	31
Figura 9. Análisis de coberturas del DRMI Humedal San Silvestre parte alta.	32
Figura 10. Aplicación de instrumento de valoración social de los servicios ambientales.	33
Figura 11. Relación de percepciones de los actores institucionales.	35
Figura 12. Mapa de servicios ecosistémicos según actores sociales-institucionales.	40
Figura 13. Mapa de valoración RH de las coberturas de la tierra.	42
Figura 14. Coberturas de la tierra presentes en la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre.	43
Figura 15. Mapa de valoración RH – Geopedología.	45
Figura 16. Mapa de valoración RH – Geología.	47
Figura 17. Mapa de valoración RH – Pendientes.	49
Figura 18. Mapa de regulación hídrica potencial.	51

## Introducción

El Departamento de Santander enfrenta problemáticas ambientales asociadas a tres factores de cambio que alteran la dinámica de los ecosistemas: 1) la deforestación, que coloca al departamento entre los diez con mayor tasa de deforestación en Colombia (IDEAM, 2015; GIZ, 2015, p. 01); 2) los conflictos por el uso del suelo. El Plan de Desarrollo Departamental (Santander Nos Une) evidencia que solo el 44,3% del territorio tiene un uso adecuado, mientras que el 50,8% presenta conflictos de uso, categorizados entre inadecuado y muy inadecuado en relación con su vocación; y 3) los cultivos ilícitos. Según el Atlas de Caracterización Regional de la Problemática Asociada a las Drogas Ilícitas, 26 de los 87 municipios que conforman Santander se han visto afectados por cultivos de coca en algún momento desde 2001 (UNOC & MINJUSTICIA, 2014).

Las situaciones mencionadas demandan que las instituciones gubernamentales y el sector privado proporcionen herramientas eficaces para la planificación y manejo del territorio, en favor de la conservación y defensa del patrimonio ambiental. Es fundamental fomentar la participación de las comunidades en torno al uso sostenible de los recursos. Con ello, se espera generar una mayor gobernanza del agua en los territorios y aumentar la resiliencia frente al cambio climático, mejorando así las condiciones de vida de los habitantes de las áreas ubicadas en los nacimientos y cursos de agua, que son los principales afluentes de las bocatomas, y garantizando la seguridad del recurso hídrico para las poblaciones que viven aguas abajo.

La dinámica poblacional y el ritmo de vida de la sociedad actual exigen una producción y consumo acelerados de bienes y servicios ecosistémicos (WWDR, 2016, p. 20). A esta demanda se suma la situación actual de los ecosistemas estratégicos, como el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Humedal San Silvestre, que es de gran importancia para el departamento de Santander. Su ubicación geográfica y sus características ambientales (clima, hidrografía, topografía, zonas de vida, entre otras) permiten que funcione como corredor biológico para especies de relevancia ecológica, como grandes carnívoros, aves y especies de interés comercial (UNIPAZ, 2019). Además, en la zona de protección del DRMI se encuentra la ciénaga San Silvestre, que es la principal fuente de captación de agua para consumo humano en Barrancabermeja y sus alrededores.

Las diversas actividades sociales, culturales y económicas que se desarrollan en su área de influencia han impactado negativamente la calidad y capacidad de los espejos de agua y drenajes naturales que alimentan la ciénaga. Además, los conflictos por el uso del suelo han modificado la vocación, estructura y composición de la cobertura natural y de la biodiversidad (fauna y flora) en el humedal.

También es importante señalar que los objetivos planteados para esta área de manejo son preservar poblaciones y hábitats para la supervivencia de especies de interés para la conservación; conservar áreas con especies silvestres, agua y gea, que sean espacios únicos o de atractivo escénico; mantener coberturas y condiciones que regulen la oferta de bienes y servicios ambientales; conservar la capacidad productiva de los ecosistemas y la viabilidad de las poblaciones silvestres para el desarrollo sostenible; y preservar y restaurar la condición natural de ecosistemas representativos. En el área del DRMI San Silvestre se establecieron cuatro regímenes de uso, a partir de los cuales se zonificaron las áreas para su manejo (usos y actividades permitidas), entre los que se encuentran: usos de preservación, usos de restauración, usos de conocimiento y usos sostenibles (CAS, 2011).

La identificación y valoración de los servicios ecosistémicos en la zona alta del DRMI Humedal San Silvestre son fundamentales para sustentar la toma de decisiones en relación con la definición de estrategias de conservación y defensa, como los pagos por servicios ambientales, tipificados en el artículo 2.2.9.8.2.2 del Decreto 1007 de 2018. Estos servicios incluyen la regulación y calidad hídrica, la conservación de la biodiversidad, la reducción y captura de gases de efecto invernadero (GEI), así como aspectos culturales, espirituales y recreativos. Estas estrategias permitirán a las comunidades hacer un uso y manejo eficiente de los recursos, garantizando la sostenibilidad del territorio.

Los servicios de los ecosistemas fueron definidos como los beneficios que el ser humano obtiene de los ecosistemas (MEA, 2005). Sin embargo, esta definición ha sido reevaluada con el fin de ampliar y dar mayor claridad sobre los beneficios obtenidos, en este sentido, se entienden como aquellas contribuciones directas o indirectas de los ecosistemas al bienestar humano (Martín-López, et al. 2012). De esta manera, se pueden considerar que al momento de valorar los servicios desde una visión antropocéntrica las percepciones de los beneficios estarán en función de la interacción, uso y/o limitaciones que estos presenten en un área específica. Es por ello, que se presentan dificultades en la aplicación de esta definición y clasificación en un contexto de evaluación (Haines-Young y Potschin, 2009).

Los servicios ecosistémicos, según la clasificación de TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity), se dividen en cuatro categorías principales: abastecimiento, regulación, apoyo y culturales. Los ecosistemas proporcionan bienes esenciales como alimentos, materias primas, agua dulce y recursos medicinales, que son fundamentales para la supervivencia humana. Además, regulan el clima, la calidad del aire y el agua, almacenan carbono, moderan fenómenos naturales extremos y controlan plagas. También ofrecen hábitat y mantienen la diversidad genética, que es crucial para la adaptación de especies. Por último, los ecosistemas tienen un

valor cultural significativo, ya que promueven el turismo, la recreación, la salud mental y física, la inspiración artística, y un profundo sentido de pertenencia y espiritualidad (FAO, 2019).

Por su parte, comprender que son los atributos de la biodiversidad y su importancia con la capacidad de un ecosistema en proveer servicios ecosistémicos, se debe iniciar por considerar que estos beneficios se encuentran en función del nivel de análisis empleado al hablar de diversidad biológica, ya que éste se puede enfocar en tres niveles: diversidad genética (dentro de las especies), diversidad de especies (número de especies) y diversidad ecológica (comunidades) (Norse, 1980). Además, se pueden reconocer tres atributos principales de la biodiversidad: composición (identidad y variedad de los elementos), estructura (organización o patrón) y función (procesos ecológicos y evolutivos) (Noss, 1990). De esta forma, la biodiversidad proporciona las condiciones y procesos naturales de los ecosistemas por medio de los cuales los seres humanos obtienen variados beneficios (Núñez, González-Gaudiano y Barahona, 2003).

Ahora bien, al momento de empezar un proceso de valoración de los servicios ecosistémicos desde una mira integral ésta debe considerar como mínimo tres perspectivas: ecológica, social y económica. La ecológica o biofísica, hace referencia a la identificación y estado de los componentes de los ecosistemas y la biodiversidad con capacidad de proveer beneficios sociales. La evaluación socio-cultural, por su parte busca indagar acerca de las necesidades de los actores sociales, que determinan el uso, disfrute, demanda, y gestión de los servicios de los ecosistemas. Por último, la valoración monetaria pretende reconocer los beneficios obtenidos por la sociedad en termino de valor económicos total, sean estos por uso y/o de no-uso (Martín-López, et al. 2012a). De esta forma, la valoración integral permitirá la generación de políticas para la gestión sostenible de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos e implementación de esquemas de pago por servicios ambientales (MADS, 2012 y Laterra, 2013).

De igual modo, para comprender el contexto de aplicación de la valoración de servicios ecosistémicos es fundamental identificar si el ecosistema objeto de estudio se encuentra dentro de alguna categoría de figura de protección. En Colombia, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) está conformado por un conjunto de áreas protegidas, actores sociales y diversas estrategias e instrumentos de gestión que trabajan de manera conjunta para alcanzar los objetivos de conservación a nivel nacional. Este sistema abarca todas las áreas protegidas bajo gobernanza pública, privada o comunitaria, y se implementa en los niveles de gestión nacional, regional o local. (Artículo 2.2.2.1.1.3 del Decreto 1076 de 2015). Para el caso particular, se realizó el estudio dentro del Distrito Regional de Manejo Integrado DRMI del Humedal San Silvestre.



# Metodología



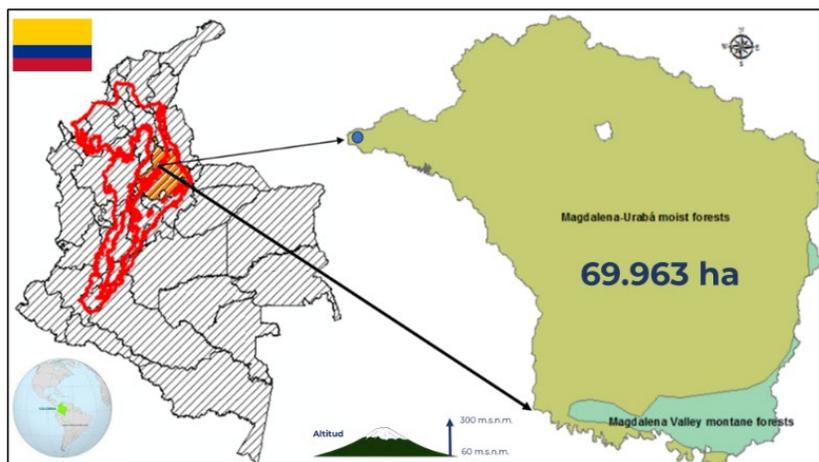
## 1. Metodología

### 1.1 Área de estudio

El Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) del humedal Ciénaga San Silvestre se localiza en la región centro-occidental del departamento de Santander. Fue declarado y delimitado en 2006 entre los municipios de Barrancabermeja y San Vicente de Chucurí por el consejo directivo de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS), mediante el Acuerdo No. 00058 de 2006. Este DRMI tiene un área inicial de 70,477.5 hectáreas. En 2011, se homologó la denominación de área protegida mediante el Acuerdo No. 181, y está inscrito en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP).

El Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Humedal San Silvestre, según las zonas de vida de Holdridge (1967), se ubica en la formación vegetal de Bosque Húmedo Tropical (bh-T), dentro de la provincia húmeda. Esto se debe a sus condiciones geográficas, que incluyen un rango altitudinal entre 70 y 255 msnm, una precipitación media anual total entre 2,500 y 3,000 mm, una biotemperatura media anual de entre 26 y 28 °C, y una evapotranspiración total anual de entre 1,400 y 1,600 mm (IDEAM, 2014). Según el World Wildlife Fund (WWF, 2019), una ecorregión es una gran unidad de tierra o agua que contiene un conjunto geográficamente distintivo de especies, comunidades naturales y condiciones ambientales. En este sentido, el DRMI Humedal San Silvestre se encuentra dentro de las ecorregiones Norte de Sudamérica: Oeste de Colombia (NT0136) y Norte de Sudamérica: Norte de Colombia (NT0137) (ver Figura 1), siendo que esta última representa el 93% del área total del DRMI.

Figura 1. Ubicación del DRMI Humedal San Silvestre.



Coordenadas:  
Min. X: 1024080, Y: 1254907;  
Max. X: 1062005 Y: 1282578  
(CAS, 2015a).

Actualmente cuenta con 69.963 ha producto de los diferentes procesos de sustracción desarrollados para ser destinadas a la construcción y operación de un sitio de disposición final de residuos sólidos (CAS, 2013; 2014a; 2014b).

Fuente: adaptado de Olson et al., 2001.

## **1.2 Fase 1. Identificación de Servicios Ecosistémicos**

En esta fase se realizó la identificación participativa de los servicios ecosistémicos asociados al DRMI humedal San Silvestre, de acuerdo con sus características espaciales subdividida en dos zonas a considerar: alta y baja. Permitiendo que los actores reconozcan en el territorio las capacidades del ecosistema para ofertar SE y los beneficios recibidos (demanda) de los mismos. Adicionalmente, este ejercicio permitió la identificación, cuantificación y espacialización de los SE y establecer puntos de partida que permitan dimensionar las relaciones consumo, producción, transformación, conservación o restauración que se dan dentro del DRMI (Rincón-Ruíz et. al, 2014), a través del mapeo colectivo (Risler y Ares, 2013).

Durante la realización de la primera mesa técnica institucional, se desarrolló un taller participativo en donde se le solicitó a los actores conformar dos grupos: zona alta y zona baja, distribuidos dependiendo de su ubicación, interés o jurisdicción al interior del DRMI humedal San Silvestre. Una vez conformados los grupos de procedió a ubicar a los actores en dos mesas que contenían un mapa por zona y una ficha con preguntas orientadoras que incluye iconografía para el mapeo. Cada grupo dispuso de 15 minutos para realizar sus aportes a la construcción del mapa de servicios ecosistémicos por zona. Una vez culminaba el tiempo los grupos cambiaban de mesa, de forma tal que, cada grupo realizara sus aportes y a su vez validara los hechos por el grupo precedente (Ver Anexo 1. Mapas y Anexo 2. Fichas). El mapeo colectivo de los servicios ecosistémicos presentes en el DRMI humedal San Silvestre, permitió identificar en significados y formas de entender y apropiar el territorio y por lo tanto las dinámicas y trade-offs entre servicios ecosistémicos representados según la percepción de los actores involucrados frente a su distribución, disponibilidad y acceso dentro del DRMI (Rincón-Ruíz et. al, 2014). Para finalizar el ejercicio, se desarrolló un panel de reflexión frente al rol e interacción que tienen los actores con miras de establecer puntos comunes de análisis frente a la temática (Ver Anexo 3).

## **1.3 Fase 2. Valoración Social de los Servicios Ecosistémicos**

La valoración social (institucional) de los servicios ecosistémicos en la parte alta del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Humedal San Silvestre se desarrolló en dos momentos clave:

Presentación de avances y contextualización: Se socializaron los resultados del diagnóstico de las condiciones del ecosistema, así como las características de los servicios ecosistémicos, sus funciones y el aporte de la biodiversidad en la provisión de dichos servicios. Una vez expuesta esta información, se dio paso al siguiente punto.

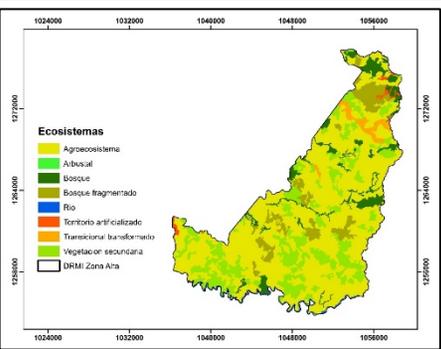
Aplicación del instrumento de evaluación de servicios ecosistémicos (SE): Este aspecto se abordó mediante la aplicación de un instrumento diseñado para recopilar la percepción, preferencias e importancia que los actores institucionales otorgan al ecosistema de referencia. Se formularon cuatro preguntas específicas basadas en los aportes de Rincón-Ruíz et al., 2014, que fueron diligenciadas de forma individual por los participantes, contando con la orientación permanente de un grupo de profesionales (ver Tabla 1).

Por otro lado, las funciones del ecosistema asociadas a los servicios ecosistémicos se relacionaron, para efectos del estudio, con las modalidades de pagos por servicios ambientales tipificadas en el artículo 2.2.9.8.2.2. del Decreto 1007 de 2018.

- ¿Cuáles son las unidades proveedoras de los servicios ecosistémicos identificados en la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre?
- ¿Cuáles son las funciones del ecosistema asociada a los servicios ambientales?
- ¿Cuáles son los atributos clave de la biodiversidad que intervienen en las funciones ecológicas que se derivan en servicios ecosistémicos?
- ¿Cuál es la capacidad del ecosistema para proveer servicios ecosistémicos?

La aplicación del instrumento permitió establecer la relación entre la valoración de los actores sociales e institucionales que conforman la mesa técnica, en función de su rol e interés. De igual manera, se recopiló la información necesaria para una adecuada interpretación de los resultados obtenidos y se generó una perspectiva institucional sobre los servicios ecosistémicos (SE). Finalmente, como resultado adicional del proceso, se elaboró un mapa de SE del DRMI Humedal San Silvestre, desarrollado por los actores institucionales a partir de los resultados de la mesa técnica.

Tabla 1. Instrumento de valoración de SE de la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre.

		¿Cuáles son las unidades proveedoras de los servicios ecosistémicos identificados?			¿Cuáles son las funciones del ecosistema asociada a los servicios ambientales?				¿Cuáles son los atributos clave de la biodiversidad que intervienen en las funciones ecológicas que se derivan en servicios ecosistémicos?			
		Abastecimiento	Regulación	Culturales	Regulación y calidad hídrica	Conservación de la biodiversidad	Reducción y captura de GEI	Culturales, espirituales y de recreación	Composición	Estructura	Función	
Unidades proveedoras	Agroecosistema											
	Arbustal											
	Bosque/ Bosque fragmentado											
	Territorio artificializado/Transformado											
	Vegetación secundaria											
Conclusión		¿Cuál es la capacidad del ecosistema para proveer servicios ecosistémicos?										
Valoración en términos de:												
 <b>Favora</b>			 <b>Ni favorable/Ni</b>				 <b>Desfavora</b>					
Actor que diligencia:												

### 1.3.1 Valoración de los SE del DRMI Humedal San Silvestre

La evaluación socio-cultural de los servicios ecosistémicos (SE) permite involucrar a los actores en la identificación de estos servicios y en el proceso de toma de decisiones, con el fin de evitar conflictos sociales, potenciar sinergias, mejorar la confianza y aumentar el apoyo hacia el diseño de estrategias de gestión (Martín-López et al., 2012b). Desde esta perspectiva, el instrumento diseñado facilitó la recopilación de percepciones, preferencias e importancia que los beneficiarios atribuyen a los servicios, en función del bienestar que estos les proporcionan en el DRMI Humedal San Silvestre. Para el análisis de la información, se elaboró un indicador que transforma las variables cualitativas en cuantitativas, estableciendo un valor ponderador que varía entre 1 y -1 (ver Tabla 2). Este indicador se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_{ntz} = \sum_{m=1}^n W_m \cdot X_{mrtz}$$

Donde,

$P_{ntz}$ : es el indicador de las percepciones de un tipo de organización social sobre los servicios ecosistémicos que provee un ecosistema de referencia, en un periodo de tiempo,

$W_m$ : es el ponderador o peso relativo asignado a la variable  $m$ ,

$X_{mrtz}$ : es el valor obtenido para la variable  $m$ , a partir de la suma aritmética de las respuestas correspondientes a la pregunta  $r$ , sobre los servicios ecosistémicos provistos por el ecosistema de referencia  $z$ , para el periodo de tiempo  $t$ ,

$n$ : es el número de actores pertenecientes a un tipo de organización social.

De este modo, las valoraciones (percepciones) fueron sometidas a un proceso de adición, seguido de una multiplicación por el valor ponderador correspondiente a cada variable respuesta del conjunto de preguntas. La obtención de valores positivos indica percepciones favorables, mientras que los valores negativos reflejaran una tendencia desfavorable. Un valor de cero significará que existe una distribución uniforme entre percepciones favorables y desfavorables. El rango de valores máximos y mínimos estará determinado por el número de actores participantes en el taller.

Tabla 2. Valores de ponderación de percepciones.

Percepción	Simbología	Ponderación
Favorable		1
Desfavorable		-1
Ni favorable/Ni desfavorable		0

De esta manera, los datos recopilados fueron tabulados y se asignó el valor numérico correspondiente a la percepción de cada actor. Posteriormente, se realizó la suma aritmética para obtener el valor resultante de las percepciones de los participantes del taller, siguiendo la nomenclatura establecida en la Tabla 3. Esta metodología de valoración simplificada permite conocer de forma rápida la relación de las percepciones entre el conjunto de actores consultados durante la mesa técnica.

Tabla 3. Convenciones análisis de percepciones de los actores sociales.

Abreviatura	Descripción
UP1	Agroecosistema
UP2	Arbustal
UP3	Bosque/ Bosque fragmentado
UP4	Territorio artificializado/Transformado
UP5	Vegetación secundaria
$r_1$	¿Cuáles son las unidades proveedoras de los servicios ecosistémicos identificados en la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre?
A	Abastecimiento
B	Regulación
C	Culturales
$r_2$	¿Cuáles son las funciones del ecosistema asociada a los servicios ambientales?
D	Regulación y calidad hídrica
E	Conservación de la biodiversidad
F	Reducción y captura de GEI
G	Culturales, espirituales y de recreación
$r_3$	¿Cuáles son los atributos clave de la biodiversidad que intervienen en las funciones ecológicas que se derivan en servicios ecosistémicos?
H	Composición
I	Estructura
J	Función

Después de la tabulación de resultados y con el objetivo de analizar cómo se agregan los datos y sus posibles correlaciones, se llevó a cabo un análisis de clúster jerárquico utilizando el método estadístico multivariable de varianza mínima de Ward, mediante el software libre PAST. Este análisis generó dendrogramas de similitud para los resultados de valoración de las unidades proveedoras y los servicios ecosistémicos, donde se puede observar la formación de clústeres que representan la máxima homogeneidad y la mayor diferencia entre los grupos de percepciones de los actores.

### **1.3.2 Mapa de Servicios Ecosistémicos**

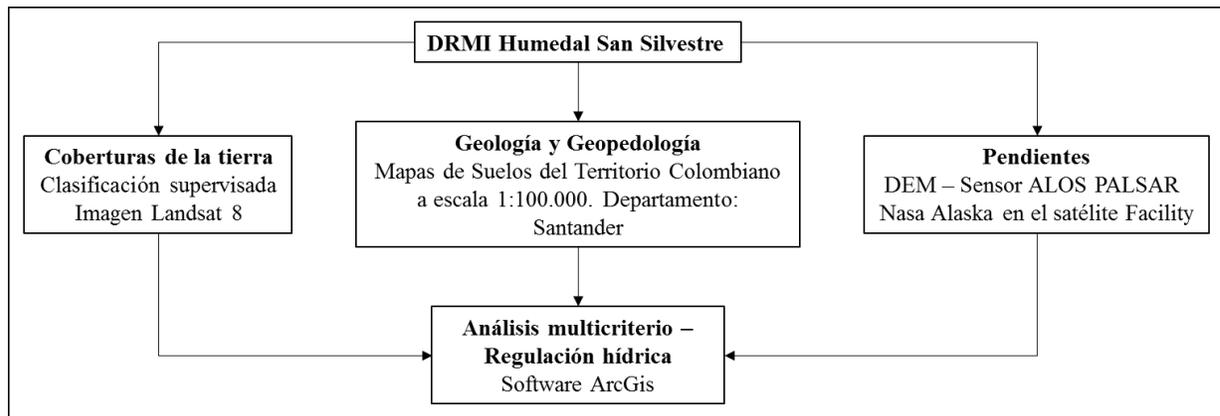
Como ejercicio de consolidación de los resultados de las percepciones de los actores, analizadas mediante el método de Ward y el dendrograma de similitud resultante, se diseñó un mapa de servicios ecosistémicos (SE) para la parte alta del DRMI San Silvestre. Para ello, se utilizó como referencia la capa de coberturas de la tierra del mapa de ecosistemas del IDEAM (2017). Se adaptó la tabla de atributos de la capa, asignando la clasificación del clúster de SE establecida para los beneficios con percepción positiva. Este proceso se llevó a cabo utilizando el software ArcMap.

### **1.4 Fase 3. Valoración Ecológica – Regulación Hídrica**

Entre la variedad de beneficios que genera un ecosistema estratégico como el DRMI Humedal San Silvestre para las comunidades de San Vicente de Chucurí y Barrancabermeja, se destacan aquellos que cumplen funciones de regulación (Martín-López, González y Vilardy, 2012). Es importante resaltar que, dentro de estos beneficios, la regulación y calidad hídrica son fundamentales para la declaratoria del distrito de manejo integrado (CAS, 2006), que tiene como objetivo garantizar el abastecimiento de agua, la recarga de acuíferos, la purificación del agua, la regulación del arrastre de sedimentos y el control de la erosión (Brauman et al., 2007).

A través de un análisis multicriterio que evalúa los componentes biofísicos que condicionan la capacidad de regulación hídrica en el ecosistema, como el tipo de vegetación y las características físicas del suelo (Jullian et al., 2018; Grizzetti et al., 2016; Chen et al., 2010; De Groot et al., 2002), se busca ofrecer una visión del estado actual de este servicio ecosistémico. Esto permitirá proporcionar soporte técnico para la toma de decisiones en la estructuración del esquema de Pago por Servicios Ambientales (PSA) y su posterior implementación en el área de estudio. El análisis multicriterio propuesto seguirá el proceso metodológico descrito en la figura. Las variables biofísicas que se valorarán incluyen coberturas de la tierra, geopedología, geología y pendientes, siguiendo las adaptaciones desarrolladas por Rodríguez y Medina (2015) (ver Figura 2).

Figura 2. Metodología – valoración ecológica.



Adaptado de: Rodríguez y Medina, 2015.

Para el análisis de las coberturas de la tierra, se utilizó una imagen de Landsat 8 (Earth Explorer - USGS) del área de estudio, con el fin de identificar las coberturas según el Corine Land Cover (CLC, 2012). Esto se llevó a cabo mediante un método de clasificación supervisada en ENVI®, aplicando el algoritmo de clasificación Random Forest (RF) (Gustavo Camps-Valls et al., 2011) en MATLAB®. La valoración se basó en lo planteado por Rodríguez y Medina (2015) quienes modificaron lo propuesto por Nieto, Cardona y Agudelo (2015), donde se consideran los procesos ecológicos que influyen en la regulación hídrica, tales como escorrentía, infiltración, interceptación y evapotranspiración.

En cuanto a la geopedología y la geología, se obtuvieron datos a partir de los mapas de suelo del territorio colombiano, específicamente para el departamento de Santander a escala 1:100,000 (IGAC, 2002). Para la valoración de estas variables biofísicas en el área de estudio, se asignó una calificación a cada tipo de textura y a las propiedades hidráulicas de diferentes tipos de rocas y sedimentos, en un rango de 1 (bajo) a 5 (alto), de acuerdo con su capacidad para permitir el movimiento del agua en el suelo y el potencial de almacenamiento y liberación de agua de cada tipo de roca, según lo establecido por Rodríguez y Medina (2015).

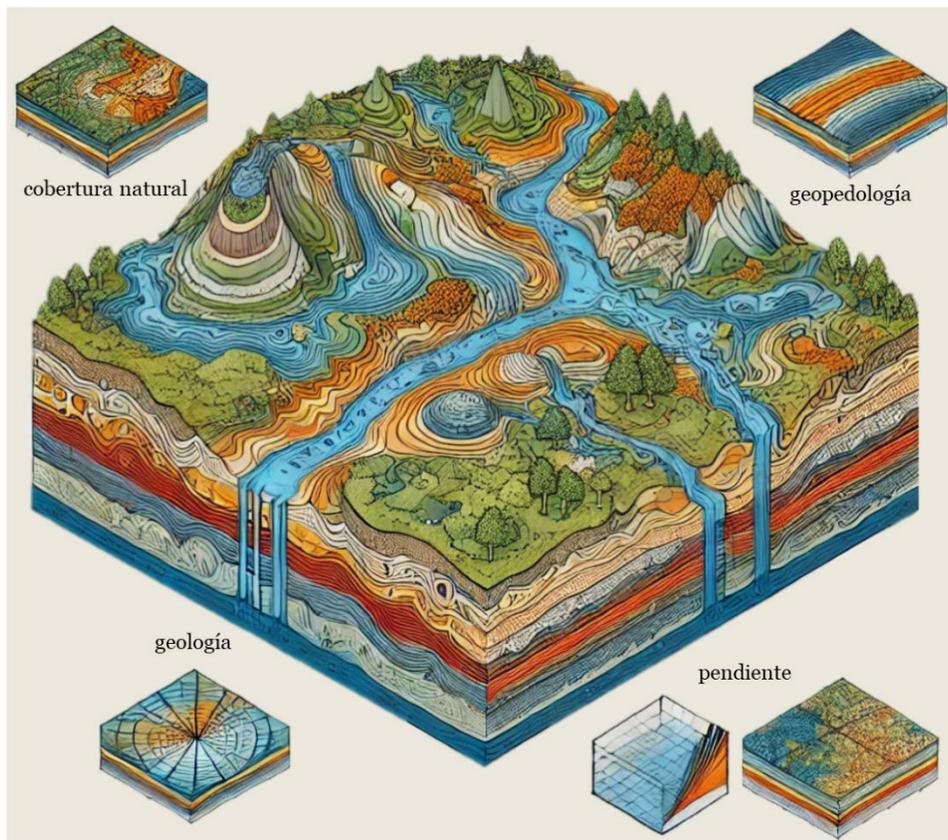
Respecto a la pendiente, se utilizó un modelo digital de elevación (DEM) obtenido del sensor ALOS PALSAR (NASA, Alaska Satellite Facility - ASF). Para la valoración de las pendientes de la microcuenca hidrográfica, se tomaron como referencia los rangos establecidos por el IDEAM (2010), en función de su efecto en la regulación hídrica, conforme a lo señalado por Rodríguez y Medina (2015).

### 1.5 Análisis Multicriterio

Se llevó a cabo un análisis multicriterio basado en los componentes biofísicos que condicionan la capacidad de regulación hídrica en el ecosistema, incluyendo cobertura natural, geopedología, geología y pendiente. Todas las variables biofísicas analizadas se almacenaron en formato ráster, utilizando una escala de valoración común que va del 1 al 5. Para este proceso, se empleó la herramienta de análisis espacial "Weighted Overlay" del software ArcGIS, que permite realizar un análisis de superposición general al multiplicar los valores de celda de cada ráster de entrada por el peso asignado a cada uno. Se estableció igualmente la influencia de cada ráster de entrada y, al final, se agregaron los valores de celda resultantes para generar el ráster de salida (ESRI, 2023).

La información resultante de la superposición se reclasificó en cinco categorías de áreas: alta, media-alta, media, media-baja y baja regulación hídrica potencial. Posteriormente, se vectorizó el resultado y se calcularon las áreas correspondientes.

Figura 3. Esquema artístico de un análisis multicriterio.



Fuente: ChatGPT, 2024.



# Resultados

## 2. Resultados

### 2.1 Fase 1. Identificación de servicios ecosistémicos.

#### 2.1.1 Mapeo Colectivo.

El taller se desarrolló según lo planteado en la metodología, en donde solicitó a los actores institucionales presentes a conformar dos grupos para la identificación de los servicios ecosistémicos de acuerdo a la fase diagnóstica planteada en el documento técnico de tal forma que, el taller participativo con los actores se tomó en dos momentos uno fue la participación de los mismos en un mapa de la zona (alta y baja) del DRMI donde a partir de iconografía cada grupo en cada zona asociaron los servicios ecosistémicos prestados, y la segunda parte, cada grupo rotaba a ubicarse en el otro mapa y mediante preguntas orientadoras complementaba el ejercicio realizado, posterior los grupos de trabajo socializaron el ejercicio, ver Figura 4.

Figura 4. Actores realizando el mapeo colectivo de SE del DRMI Humedal San Silvestre.



Los actores destacan que en la parte baja del DRMI Humedal San Silvestre se ubica el área urbana de Barrancabermeja, lo que resalta el carácter estratégico del humedal para la población del municipio, ya que en él se localiza la bocatoma de la planta de tratamiento de agua potable. Entre los servicios ecosistémicos más representativos de esta zona, se menciona el aprovisionamiento a través de la pesca. Sin embargo, los actores también reconocen que factores de cambio como la tala, la ganadería extensiva, la construcción de la represa y las vías 4G han tenido un impacto significativo en el ecosistema.

La ubicación de un relleno sanitario en esta área es objeto de cuestionamiento debido a la posible contaminación del suelo y de los recursos hídricos (tanto superficiales como subterráneos) por lixiviados, si no se lleva a cabo un tratamiento adecuado de estos residuos.

Además, se señala la necesidad de prestar especial atención a la sedimentación de la ciénaga, resultado del arrastre de material por escorrentía proveniente de la parte alta. Es esencial implementar acciones para el control de la erosión. También se considera relevante la función de la ciénaga Sábalo-Zapatero dentro del ciclo hidrológico de la ciénaga San Silvestre, actuando como regulador de las condiciones fisicoquímicas y como sumidero de contaminantes. Esta afirmación se apoya en el estudio de calidad hídrica realizado por la Secretaría de Medio Ambiente de Barrancabermeja (SMAB, 2018). Esta información ha sido registrada en los instrumentos del taller, como se detalla en la Figura 5 y la Tabla 4.

Figura 5. Mapeo colectivo de SE DRMI Humedal San Silvestre zona baja.

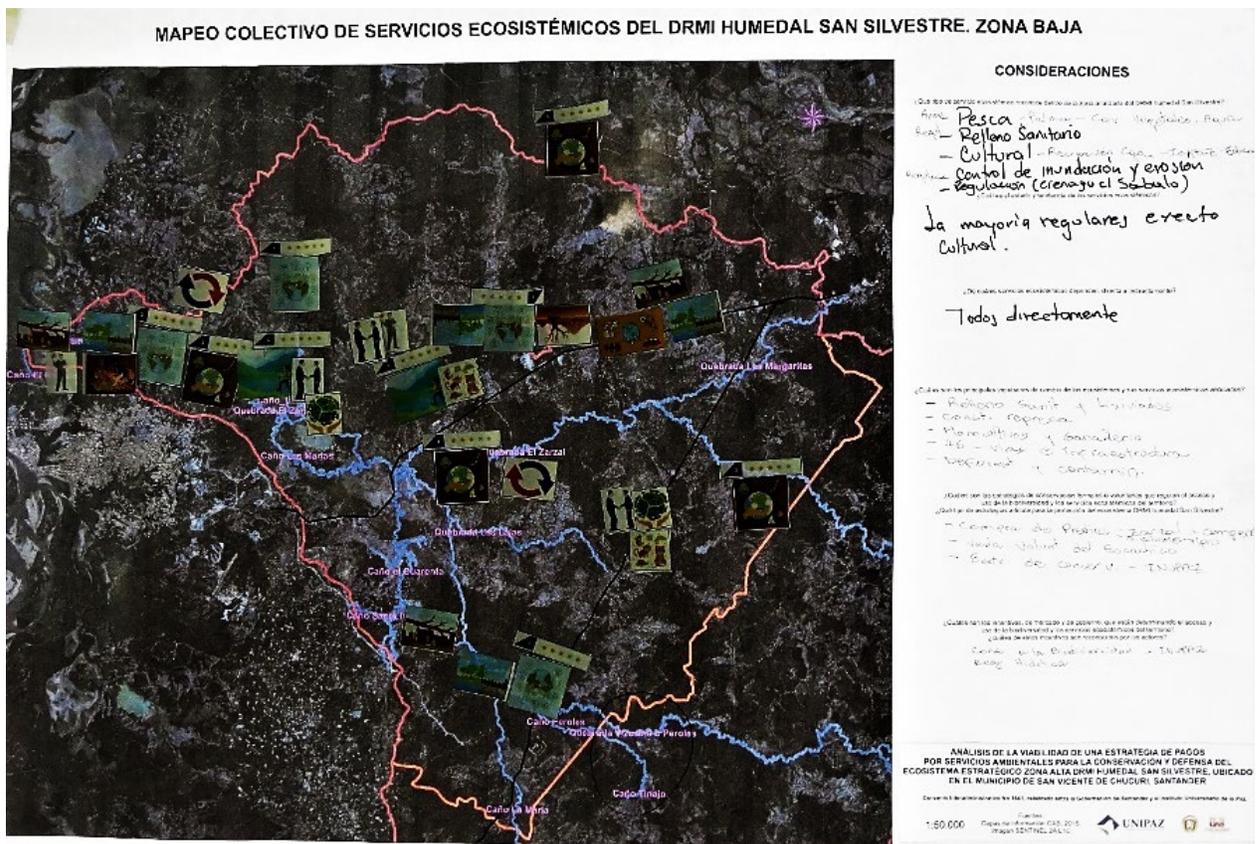


Tabla 4. Aportes de los actores (DRMI Humedal San Silvestre Zona Baja).

<b>Mapa colectivo de servicios ecosistémicos del DRMI Humedal San Silvestre Zona Baja.</b>	
<b>Pregunta orientadora</b>	<b>Aportes</b>
¿Qué tipo de servicio ecosistémico reconoce dentro de la zona analizada del DRMI Humedal San Silvestre?	Aprovisionamiento (Pesca, Palma, Agua) Regulación (Relleno Sanitario, control de inundación y erosión) Cultural (Recreación, Educación)
¿Cuál es el estado y tendencia de los servicios ecosistémicos?	La mayoría regulares excepto el cultural
¿De cuáles servicios ecosistémicos dependen directa e indirectamente?	Todos directamente.
¿Cuáles son los principales impulsores de cambio de los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos asociados?	Relleno sanitario y lixiviados. Construcción de la represa. Monocultivos y Ganadería. Vías e infraestructura. Deforestación y contaminación.
¿Cuáles son las estrategias de conservación formal o voluntaria que regulan el acceso y uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del territorio? ¿Qué tipo de estrategias articula para la protección del ecosistema DRIM Humedal San Silvestre?	Compras de predios Veda voluntaria de Bocachico Estudios de conservación UNIPAZ
¿Cuáles son los incentivos de mercado y de gobierno que están determinando el acceso y uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del territorio? ¿Cuáles de estos incentivos son reconocidos por los actores?	Regulación Hídrica.

En cuanto a las estrategias de conservación, tanto formales como voluntarias, que regulan el acceso y uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del territorio, los actores señalaron que las acciones de compensación, las vedas voluntarias del bocachico y las iniciativas de conservación promovidas por UNIPAZ son las más implementadas. Además, los actores reconocieron que los incentivos más relevantes incluyen las regulaciones hídricas llevadas a cabo en la parte alta de la microcuenca, las cuales se han materializado a través de la compra de predios por parte del municipio de Barrancabermeja, en cumplimiento del artículo 3 de la Ley 99 de 1993.

Los actores también analizaron las características de los servicios ecosistémicos (SE) en la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre, destacando el SE de aprovisionamiento y el de

regulación, así como, en menor medida, los servicios culturales, especialmente en relación con la recreación y la investigación. La calidad de estos servicios fue evaluada como regular a mala, a excepción de los culturales.

En cuanto a los impulsores de cambio, se identificó que la sobreexplotación es un factor determinante en la fragmentación del ecosistema. Actividades como la ganadería, los monocultivos, la extracción de hidrocarburos y el desarrollo de infraestructura vial en el DRMI San Silvestre contribuyen a la transformación y pérdida de ecosistemas, así como a la contaminación de fuentes hídricas debido a vertimientos asociados a la explotación minero-energética.

Respecto a las invasiones biológicas, no se tiene conocimiento de la existencia de flora invasora, mientras que, en el caso de la fauna, se ha observado un aumento de especies introducidas en el ecosistema acuático como resultado de las actividades de piscicultura. Esta información ha sido registrada en los instrumentos del taller, como se detalla en la Figura 6 y la Tabla 5.

Figura 6. Mapeo colectivo de SE DRMI Humedal San Silvestre zona alta.



Tabla 5. Aportes de los actores (DRMI Humedal San Silvestre Zona alta).

<b>Mapa colectivo de servicios ecosistémicos del DRMI Humedal San Silvestre Zona Alta.</b>	
<b>Preguntas orientadoras</b>	<b>Aportes</b>
¿Qué tipo de servicio ecosistémico reconoce dentro de la zona analizada del DRMI Humedal San Silvestre?	Aprovisionamiento, regulación y culturales
¿Cuál es el estado y tendencia de los servicios ecosistémicos?	Gran parte de la cuenca se encuentra afectada
¿De cuáles servicios ecosistémicos dependen directa e indirectamente?	Dependencia directa de aprovisionamiento
¿Cuáles son los principales impulsores de cambio de los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos asociados?	La tala, deforestación, cambio climático, contaminación, áreas petroleras pozos y oleoductos, ganadería y monocultivos (palma)
¿Cuáles son las estrategias de conservación formal o voluntaria que regulan el acceso y uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del territorio? ¿Qué tipo de estrategias articula para la protección del ecosistema DRIM Humedal San Silvestre?	Compra de predios Procesos de rehabilitación y recuperación
¿Cuáles son los incentivos de mercado y de gobierno que están determinando el acceso y uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del territorio? ¿Cuáles de estos incentivos son reconocidos por los actores?	Protección de la biodiversidad, áreas de reserva, turismo de naturaleza Disminución de impuestos

En relación con las estrategias de conservación, tanto formales como voluntarias, los actores mencionaron las acciones llevadas a cabo en UNIPAZ (zona baja), donde se han implementado medidas de compensación. Asimismo, destacaron la adquisición de predios por parte del municipio de Barrancabermeja como un aporte al mantenimiento de la cuenca abastecedora, así como la implementación de acciones de conservación, reforestación y restauración.

Además, se abordaron los incentivos o acuerdos que fomentan la conservación en la zona. Los actores señalaron que uno de los incentivos podría ser el pago por servicios ambientales, aunque este aún no se ha implementado en el DRMI. También mencionaron la estrategia de reducción de impuestos para infraestructura social de protección, que ha tenido cierto desarrollo en el municipio de San Vicente del Chucurí.

Por otra parte, indicaron que existen diversos incentivos que podrían aplicarse, pero las limitaciones radican en la falta de apoyo jurídico que valide quién puede beneficiarse de ellos. A

pesar de la variedad de mecanismos de incentivos disponibles, se destacó la necesidad de contar con un esquema que establezca una hoja de ruta clara para su implementación.

### **2.1.2 Análisis de actores e interacción con los SE.**

Para el desarrollo de este punto, se solicitó a los actores presentes en la mesa técnica que completaran el instrumento denominado "Análisis de Actores e Interacción con los Servicios Ecosistémicos" (ver Tabla 6). Este análisis consideró los siguientes elementos: actor, planes, motivación, limitaciones, medios de acción y objetivos. El propósito de este instrumento fue visibilizar las acciones que cada uno de los actores institucionales lleva a cabo, identificando tanto los puntos de convergencia como de divergencia entre ellos. Luego, cada actor compartió los resultados y amplió sus observaciones al respecto, como se detalla a continuación:

*Cormagdalena:* Dentro del plan anual de la institución se incluye el Plan de Humedales y Pesca, que abarca la zona baja del DRMI. La motivación de este plan es cumplir con el objetivo misional establecido en la Ley 161 de 1994, destacando el aprovechamiento sostenible y la recuperación de los recursos naturales renovables y biológicos. Entre las limitaciones, se observa la falta de articulación interinstitucional, lo que dificulta la colaboración, ya que, aunque todas las entidades operan en la misma área, sus acciones no son compartidas ni concertadas. En cuanto a los medios de acción, se contempla la generación de convenios interinstitucionales y proyectos para la descontaminación hídrica, así como iniciativas relacionadas con los humedales y la pesca, como los de San Silvestre o el Sábalo. Los objetivos están orientados hacia la restauración y el manejo integral de los ecosistemas estratégicos y de los recursos ictiológicos.

*Cámara de Comercio de Barrancabermeja:* Este plan está enfocado en el turismo y la cultura, con motivaciones centradas en el mejoramiento económico y el fomento del agro en los alrededores. Las limitaciones se relacionan con la falta de un Plan de Ordenamiento Territorial actualizado en Barrancabermeja y la insuficiencia de infraestructura. En términos de medios de acción, se establecen convenios con las comunidades, y los objetivos buscan generar el crecimiento del sector turístico y aumentar la productividad tanto en San Vicente de Chucurí como en Barrancabermeja.

*Empresa de Agua Potable Manantiales de San Vicente de Chucurí:* En su intervención, el gerente de la empresa presentó un caso relacionado con el municipio de San Vicente de Chucurí, destacando el fortalecimiento del recurso hídrico y la recuperación de las coberturas boscosas en la parte alta del municipio. Este esfuerzo se llevó a cabo con el apoyo de la administración municipal y la Fundación Natura, quienes unieron esfuerzos para impulsar el programa, superando la resistencia inicial de algunos actores que dudaban de la iniciativa. Este proyecto se

inició tras los eventos registrados durante el fenómeno de El Niño y La Niña entre 2010 y 2011 y ofrece beneficios económicos y tributarios a los usuarios que implementan acciones de conservación. Además, se formalizaron convenios con la administración municipal, colegios, escuelas y productores de la parte alta del municipio. Entre las limitaciones, se identifican los paradigmas sociales, reflejados en la desconfianza, especialmente en zonas fuertemente impactadas por la violencia. Los medios de acción empleados incluyen el mercadeo social y la innovación social dirigidos a los actores involucrados. El objetivo principal es aumentar la capacidad hídrica de las cuencas, dado que el municipio de San Vicente de Chucurí puede verse afectado por eventos extremos de sequía. Al mismo tiempo, se subrayó la importancia de trabajar con las comunidades a través de acciones lúdicas y de fácil comprensión, ya que el uso de un lenguaje técnico a veces dificulta la comunicación con la población.

*Secretaría de Agricultura de la Gobernación de Santander:* Entre los planes establecidos se encuentra la generación de una estrategia de pago por servicios ambientales en el DRMI Humedal San Silvestre, asociada con la ejecución de un convenio con UNIPAZ. Las motivaciones de la administración incluyen la reducción de los impactos generados por el cambio climático. Las limitaciones se relacionan con el mantenimiento y la continuidad de las iniciativas entre diferentes administraciones. Las medidas de acción incluyen la articulación con diversas instituciones públicas y privadas, con el objetivo principal de implementar la estrategia de pago por servicios ambientales en la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre.

*Escuela de Ingeniería Ambiental y de Saneamiento – UNIPAZ:* UNIPAZ es el formulador de este esquema, y desde la institución se desarrollan estrategias y alianzas materializadas a través de convenios interinstitucionales, financiados por la Gobernación de Santander. Estos convenios buscan la conservación y preservación de los recursos naturales, contribuyendo a la identificación de los servicios ecosistémicos en el DRMI. Las motivaciones incluyen el apoyo a la investigación proveniente de la academia. Sin embargo, una limitación importante es de tipo económico, ya que para implementar estas iniciativas se requieren recursos que se obtienen a través de los convenios. Esta limitación se está reduciendo, dado que el gobierno muestra un creciente interés en promover estas estrategias y ampliar su alcance en toda la zona. En cuanto a los medios de acción, la universidad cuenta con personal calificado para estos proyectos y ofrece espacios para la divulgación de resultados y la apropiación social del conocimiento, tanto en jornadas académicas como para el público en general. Los objetivos incluyen apoyar los procesos institucionales que fomenten el desarrollo, cuidado y preservación de los ecosistemas mediante la vinculación de su personal científico, docente, estudiantes y egresados.

### **2.1.3 Reflexiones finales.**

Durante el desarrollo de la mesa técnica, se llevó a cabo un ejercicio para identificar y organizar a los actores institucionales que operan en las áreas del DRMI Humedal San Silvestre. Este taller participativo permitió correlacionar los objetivos misionales de cada una de las instituciones involucradas, las cuales desempeñan funciones orientadas hacia la sostenibilidad del territorio. A través de estrategias como el desarrollo de proyectos, se promueve la conservación y el mantenimiento de los ecosistemas en sus respectivas jurisdicciones.

Los actores institucionales coinciden en que los servicios ecosistémicos proporcionados por este importante ecosistema estratégico para el departamento de Santander requieren la implementación de estrategias en un marco socio-ecosistémico. Además, se destaca la necesidad de incrementar los espacios de participación para todos los actores, facilitando así la toma de decisiones conjuntas. De lograrse esta colaboración, sería posible articular acciones, presupuestos y equipos técnicos, lo que generaría un impacto significativo tanto en los estudios como en las implementaciones que se realicen.

Tabla 6. Análisis de actores e interacción con los SE.

Actor	Planes	Motivaciones	Limitaciones	Medios de acción	Objetivos
Cámara de comercio	Turismo y plantaciones de cacao.	Mejoramiento económico para la ciudad e Incentivar el agro en nuestros alrededores.	Falta de un POT Falta de estructura.	Convenios con las comunidades.	Generar un crecimiento en el turismo.
Secretaria de Medio Ambiente	Cumplimiento al artículo III de la ley 99 del 93.	Conservación del recurso Hídrico.	Seguimiento a los procesos	Recursos financieros (compra de predios), Recursos Humanos.	Adquisición de mantenimiento de las áreas estratégicas para la conservación del recurso Hídrico
Corporación Ambiental de Santander CAS	Plan de manejo DRMI San Silvestre, Adquisición de predios para conservación, implementación de procesos de rehabilitación y recuperación, protección del recurso hídrico, ecosistemas estratégicos.	Funciones Misionales y de planeación, Beneficio Ambiental y Social, protección de la biodiversidad, Educación Ambiental	Poco Recurso Técnico y financiero falta de articulación.	PGAR, plan de acción de la corporación, cumplimiento de la normatividad Ambiental, profesionales de corporación, implementación de Vedas.	Conservación del DRMI humedal San Silvestre.
Cormagdalena	Plan de Humedales y Pesca. Descontaminación hídrica.	Cumplimiento del objeto misional y de ley 161 de 1994.	Concertación interinstitucional, alineación, estructuración de proyectos.	Convenios interinstitucionales, proyectos para descontaminación hídrica y para humedales y pesca.	Restauración del manejo integral de ecosistemas estratégicos y del recurso ictiológico.  2000 SMLV al año por área descontaminación hídrica del municipio de Barrancabermeja.
Escuela de Ingeniería Ambiental y Saneamiento UNIPAZ	Técnicas interinstitucionales que promueven la conservación y preservación llevando la estrategia de Servicios Ambientales.	Apoyo a la Investigación y servicio ecosistémico, educación.	Alcance para promover la estrategia en todas las zonas	Proponer estrategias, Experiencia, personal científico Calificado.	Apoyar los procesos institucionales que están involucrados en las estrategias de preservación y conservación de los recursos Naturales, SE.
Cabildo verde	Reincorporación de Fauna en áreas afectadas por contaminación petrolera. Recepción y conservación de Fauna Silvestre. Conservación del recurso Hídrico y conservación de flora	Conservación de Biodiversidad, Especies de fauna en extinción, abastecimiento de acueducto, deforestación.	Áreas Boscosas Recursos Económicos Adquisición de predios.	Asesoramiento de personal técnico, refugio de fauna silvestre, soporte técnico y científico, centro de atención de fauna, centro de rehabilitación de fauna silvestre, compensación de la biodiversidad, adquisición de predios y áreas boscosas.	Rehabilitación de fauna, conservación de fauna en extinción, conservación de la biodiversidad, conservación de fuentes hídricas, recuperación de predios.

Fuente: UNIPAZ, 2019.

## **2.2 Fase 2. Valoración social de los servicios ecosistémicos.**

### **2.2.1 Convocatoria.**

La convocatoria fue realizada por el Instituto Universitario de la Paz y la Gobernación de Santander, invitando a todos los Actores Institucionales con incidencia sobre la toma de decisiones frente a la conservación y defensa del ecosistema estratégico DRMI Humedal San Silvestre. A participar de la segunda Mesa Técnica “Viabilidad de un sistema de Pago por Servicios Ambientales como estrategia para la conservación y defensa DRMI humedal San Silvestre”. El Objetivo de la Mesa técnica fue fomentar la articulación de los actores locales, institucionales y organizaciones que tienen influencia sobre el DRMI Humedal San Silvestre, para abordar temas puntuales respecto a estrategias de conservación y defensa de los servicios ambientales que ofrece este importante ecosistema para el departamento de Santander.

La jornada se desarrolló el viernes 11 de octubre de 2019 a las 10:00 am, en el auditorio principal de la Biblioteca del Centro de Investigaciones Santa Lucia – UNIPAZ, kilómetro 14, vereda El Zarzal, vía Barrancabermeja- Bucaramanga. Las invitaciones fueron enviadas por correo electrónico, entregadas de forma personal y publicada en la página web de la institución en el link de noticias (<http://notieventosunipaz.blogspot.com/2019/10/invitacion-la-segunda-mesa-tecnica.html>). De esta forma se logró la participación de los diferentes sectores institucionales logrando así una acogida masiva y participación activa de los actores que asistieron. (Anexo A. Listado de asistencia).

### **2.2.2 Presentación de avances.**

En los últimos meses, la evolución del análisis sobre la viabilidad de un pago por servicios ambientales (PSA) en el DRMI Humedal San Silvestre está intrínsecamente relacionada con los eventos ambientales y antropogénicos que ocurren en la parte alta del DRMI. Para establecer la viabilidad del PSA, se definieron dos criterios de priorización que permiten evaluar el estado del ecosistema y determinar quiénes podrían beneficiarse de este esquema.

El primer criterio a priorizar es la identificación y análisis de áreas degradadas que presenten conflictos en el uso del suelo. Este enfoque busca reducir el avance de la degradación del ecosistema, mejorar la regulación hídrica y su calidad, así como conservar la biodiversidad. El segundo criterio consiste en identificar los diferentes tipos de coberturas, ya sean naturales o productivas, dando prioridad a las coberturas de bosque de ribera, ripario o de cañada.

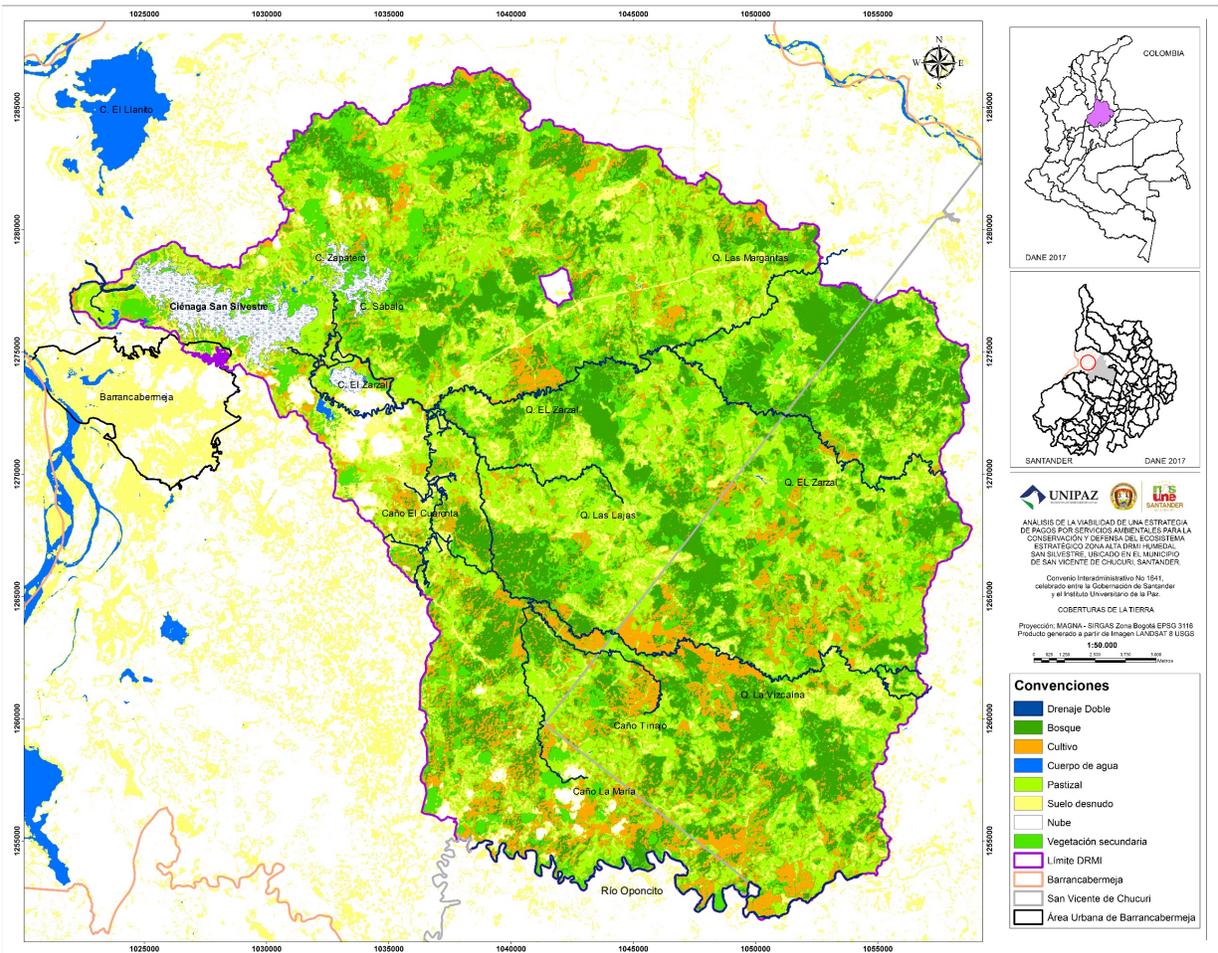
Estos criterios resumen el ejercicio que se está llevando a cabo para establecer la viabilidad del PSA. Sin embargo, es importante aclarar cómo se llegó a definir estos dos criterios (ver Figura 7).

Figura 7. Presentación, estado ecosistémico del DRMI Humedal San Silvestre.



Se presentó un análisis de coberturas realizado a partir de una imagen del satélite Landsat 8, la cual fue procesada digitalmente mediante correcciones radiométricas y atmosféricas. Esto permitió llevar a cabo una clasificación supervisada de las coberturas que predominan en el paisaje del DRMI (ver Figura 8). Igualmente, se realizaron salidas de reconocimiento para verificar en el terreno las diferentes coberturas presentes en la zona, ya sean naturales, productivas o artificiales. Este proceso permitió al equipo técnico realizar un análisis de las áreas conservadas y degradadas, además de resaltar la importancia de prevenir el uso inadecuado del suelo.

Figura 8. Clasificación de las principales coberturas de la tierra del DRMI Humedal San Silvestre.



En la revisión de información secundaria, se utilizó como referencia la cartografía generada por el IDEAM en 2017 (ver Figura 9a) para verificar los resultados de la clasificación de cobertura, cuantificar las áreas de coberturas representativas y unificarlas en ecosistemas dominantes, como se observa en la Figura 9b. Es importante destacar que el área de estudio se caracteriza por la presencia de agroecosistemas, que abarcan 16,241.54 ha, lo que representa el 62% del DRMI Humedal San Silvestre en su parte alta (ver Tabla 7). Estos agroecosistemas están constituidos principalmente por actividades de ganadería, cultivo de palma de aceite y cítricos.

Figura 9. Análisis de coberturas del DRMI Humedal San Silvestre parte alta.

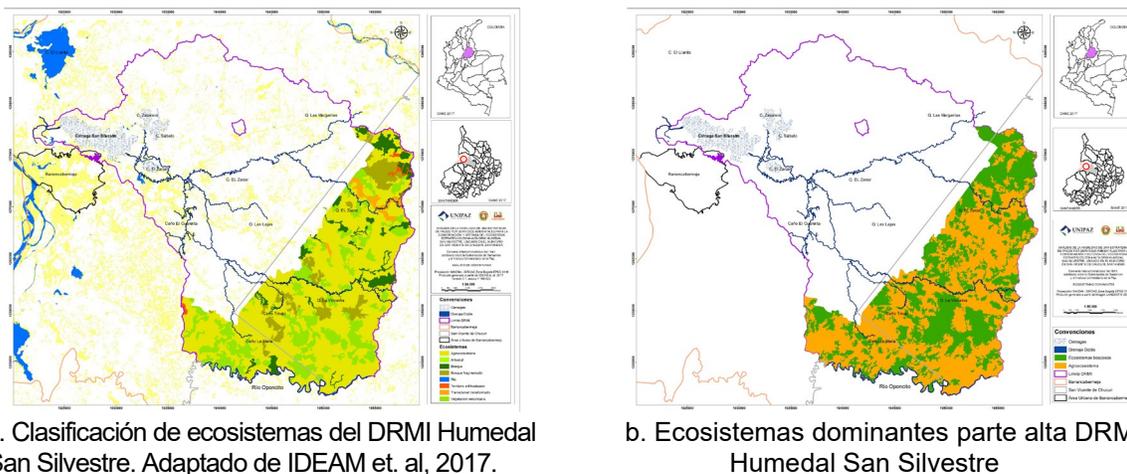


Tabla 7. Áreas de las coberturas generales de la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre.

<b>Coberturas generales</b>	<b>Área (Ha)</b>
Agroecosistema	16.241,54
Arbustal	0,38
Bosque	1.761,21
Bosque fragmentado	2.084,59
Territorio artificializado	166,74
Transicional transformado	523,39
Vegetación secundaria	5.274,89
<b>Total</b>	<b>26.052,74</b>

Adaptado de IDEAM et. al, 2017.

Como se evidencia en la Figura 9b, las áreas cercanas a las quebradas representan zonas de recarga hídrica y bosques de ribera que presentan un alto grado de deterioro y transformación. Por este motivo, se destacó la importancia de conservar los bosques de ribera y su biodiversidad asociada como eje central de las acciones del pago por servicios ambientales (PSA). Estas coberturas se caracterizan por estar compuestas de vegetación arbórea y arbustiva ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales, facilitando la interacción entre los ecosistemas terrestre y acuático. Este tipo de cobertura está limitada en su extensión, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales (Miteco, 2019).

Las propiedades más significativas que diferencian a los bosques de ribera son su alta diversidad biológica, su elevada productividad y el dinamismo de los hábitats que albergan. Estas características son resultado de sus particulares condiciones hídricas, que favorecen el refugio de especies durante la época seca. Además, regulan el microclima, aseguran la estabilidad de las orillas, controlan el crecimiento de macrófitas y proporcionan un hábitat ideal para numerosas especies de flora y fauna. Por ejemplo, en el caso de los peces, estos bosques permiten la formación de hábitats para el desove, el cuidado parental, la alimentación y la migración, actuando como corredores biológicos. También representan una fuente de alimento para las especies que albergan, actúan como filtros frente a la entrada de sedimentos y sustancias químicas en el cauce, cumplen un papel crucial como acumuladores de agua, funcionan como zonas de recarga de aguas subterráneas y poseen un gran valor paisajístico, recreativo y cultural (Martínez y Rodríguez, 2018; Poveda, López-Delgado y Villa-Navarro, 2018; Elozegi y Díez, 2009).

### 2.2.3 Aplicación de instrumento.

Una vez realizada la socialización de resultados y el análisis de contexto, se procedió a explicar la metodología del instrumento de valoración de los servicios ambientales del DRMI Humedal San Silvestre en su parte alta. Se solicitó a los actores presentes en la mesa técnica que diligencien el instrumento de acuerdo con su conocimiento (concepto y contexto), su rol e interacción con el ecosistema. De esta manera, se buscó obtener una visión aproximada de las percepciones, preferencias e importancia que los participantes otorgan a los servicios ecosistémicos que ofrece el DRMI en su parte alta, considerando las condiciones actuales discutidas en el punto anterior (ver Figura 10).

Figura 10. Aplicación de instrumento de valoración social de los servicios ambientales.



El instrumento fue diligenciado por 11 actores sociales, representando a diversas instituciones del sector productivo, como CENIPALMA, la Compañía Nacional de Chocolates “Granja Yariguíes” y la Cooperativa Ecocacao; del sector ambiental, como Aguas de Barrancabermeja SAESP, instituciones de educación superior, el Programa de Desarrollo y Paz del Magdalena Medio (PDPMM) y Cormagdalena; así como del ámbito gubernamental, incluyendo la Secretaría de Agricultura. De este modo, la información recopilada permitió obtener una representatividad equilibrada de las apreciaciones dentro del grupo.

#### 2.2.4 Valoración de los SE del DRMI Humedal San Silvestre (actor social-institucional).

El análisis de percepciones consta de la confrontación de la preferencia de cada uno de los actores sociales dan a beneficios que puede brindar el ecosistema de referencia con los demás como se puede consultar la Tabla 8. De esta forma, se tabuló la información y procedió a aplicar el indicador de percepciones diseñado, el cual da como resultado la asignación del valor ponderado obtenido para la variable  $m$ , correspondientes a la pregunta  $r$ , como se observa en la Tabla 9.

Tabla 8. Resultados de la aplicación del instrumento de percepciones.

Pregunta	SE	Valoración	UP1	UP2	UP3	UP4	UP5
$r_1$	A	Favorable	8	1	3	3	3
		Desfavorable	2	5	5	7	2
		Ni favorable/Ni desfavorable	1	5	3	1	6
	B	Favorable	5	3	4	1	5
		Desfavorable	3	3	0	8	0
		Ni favorable/Ni desfavorable	3	5	7	2	6
	C	Favorable	7	1	3	4	4
		Desfavorable	1	7	4	4	3
		Ni favorable/Ni desfavorable	3	3	4	3	4
$r_2$	D	Favorable	4	3	6	1	6
		Desfavorable	5	4	0	9	1
		Ni favorable/Ni desfavorable	2	4	5	1	4
	E	Favorable	4	4	6	0	6
		Desfavorable	6	0	3	10	1
		Ni favorable/Ni desfavorable	1	7	2	1	4
	F	Favorable	7	4	7	0	7
		Desfavorable	1	1	0	10	0
		Ni favorable/Ni desfavorable	3	6	4	1	4
	G	Favorable	7	0	4	3	4
		Desfavorable	0	3	2	2	3
		Ni favorable/Ni desfavorable	4	8	5	6	4
$r_3$	H	Favorable	5	1	6	1	4
		Desfavorable	6	3	2	8	1

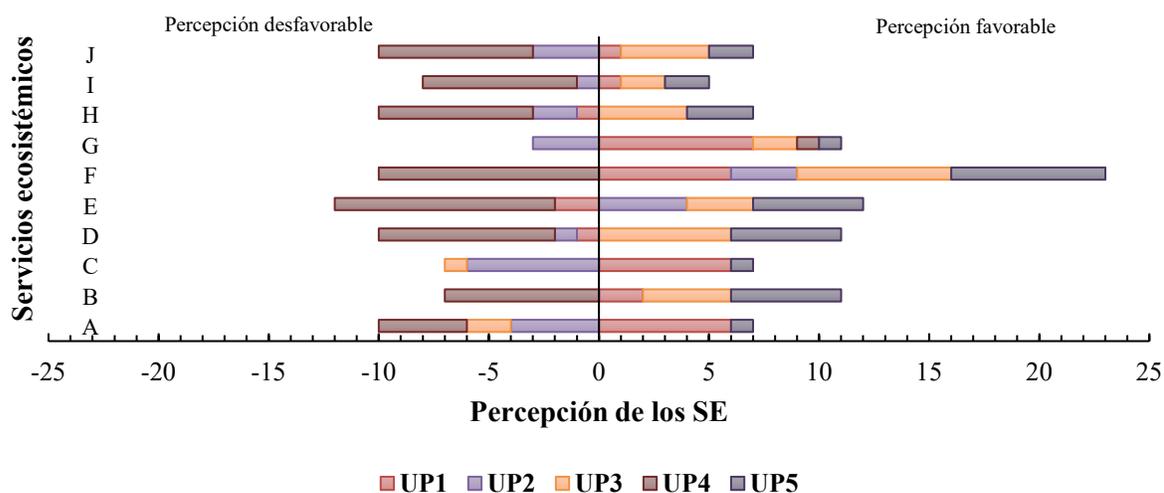
Pregunta	SE	Valoración	UP1	UP2	UP3	UP4	UP5
I		Ni favorable/Ni desfavorable	0	7	3	2	6
		Favorable	5	0	5	1	3
		Desfavorable	4	1	3	8	1
J		Ni favorable/Ni desfavorable	2	10	3	2	7
		Favorable	4	0	6	1	4
		Desfavorable	3	3	2	8	2
		Ni favorable/Ni desfavorable	4	8	3	2	5

Tabla 9. Valoración ponderada de la percepción de los actores institucionales.

<i>m</i>	<i>r</i> <sub>1</sub>				<i>r</i> <sub>2</sub>				<i>r</i> <sub>3</sub>	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
UP1	6	2	6	-1	-2	6	7	-1	1	1
UP2	-4	0	-6	-1	4	3	-3	-2	-1	-3
UP3	-2	4	-1	6	3	7	2	4	2	4
UP4	-4	-7	0	-8	-10	-10	1	-7	-7	-7
UP5	1	5	1	5	5	7	1	3	2	2

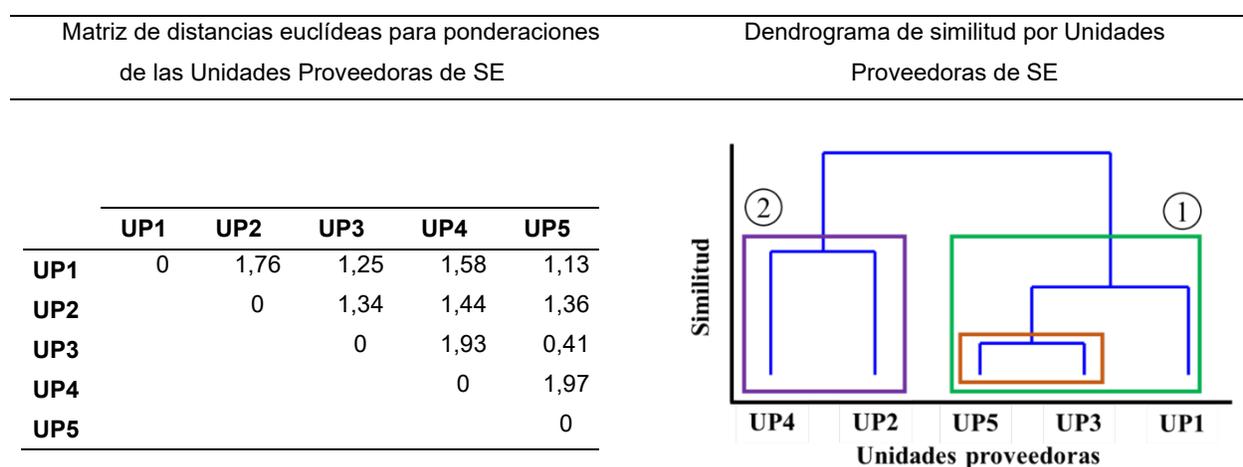
A partir de los resultados presentados en la Tabla 9, se graficó la información en función de las unidades proveedoras de servicios ecosistémicos y la percepción de los actores, ya sea favorable o desfavorable, en relación con dichos servicios. Esto permitió identificar aspectos significativos del ejercicio de la mesa técnica. Por ejemplo, se evidenció que los territorios artificializados o transformados, así como las coberturas de arbustales, presentan una percepción desfavorable en cuanto a su capacidad para proveer servicios ecosistémicos (ver Figura 11).

Figura 11. Relación de percepciones de los actores institucionales.



La identificación de conglomerados se llevó a cabo mediante el tratamiento de los datos en función de las percepciones por unidad proveedora y servicios ecosistémicos. Utilizando los valores ponderados, se normalizaron los datos hasta obtener una ponderación única, se estimó la matriz de distancias euclidianas y, posteriormente, se generó el dendrograma correspondiente a las ponderaciones de las Unidades Proveedoras. Además, se invirtió el análisis para obtener el dendrograma respectivo para los servicios ecosistémicos, como se puede observar en la Tabla 10.

Tabla 10. Matriz de distancias euclídeas y dendrograma de similitud para las ponderaciones de las Unidades Proveedoras y SE.



UP1: Agroecosistema; UP2: Arbustal; UP3: Bosque/ Bosque fragmentado; UP4: Territorio artificializado/Transformado; UP5: Vegetación secundaria.

De esta forma, se identifican la formación de dos clústeres que representan las preferencias de los actores sociales en relación a los que gozan de una mayor aceptación o consideran un beneficio directo a diferencia de aquellos que no, en función del sector que representan y de las coberturas más representativas del ecosistema (ver Tabla 11).

Tabla 11. Valores de agregación para  $r_1$ .

		Abastecimiento	Regulación	Culturales
Grupo 1	UP1	0,462	0,154	0,462
	UP3	*	0,321	*
	UP5	0,083	0,417	0,083
Grupo 2	UP2	*	0	*
	UP4	*	*	0

\*Valores negativos.

Los actores reconocen en los agroecosistemas un potencial significativo para proveer servicios ecosistémicos, especialmente en lo que respecta a los servicios de abastecimiento y culturales, aunque no así en el ámbito de la regulación. En términos de funciones, se destaca la captura de gases de efecto invernadero y los servicios socioculturales. Este último aspecto es relevante, ya que, en el área de estudio, cultivos como la palma de aceite cuentan con programas de responsabilidad social que se consideran estándar dentro de su ecosistema productivo (Espinosa et al., 2016). Los servicios culturales están estrechamente relacionados con la preferencia de los actores por los sistemas productivos presentes en la zona, siendo atribuidos principalmente al efecto dinamizador de la economía local, lo que los convierte en parte de los medios de subsistencia de la comunidad y, por ende, genera una dependencia directa de los servicios ecosistémicos.

A su vez, se reconoce que los bosques y sus estados sucesionales tienen una mayor capacidad para proveer servicios ecosistémicos, así como su relación con diversos atributos de la biodiversidad. Sin embargo, se percibe que la estructura de estos bosques es más baja en comparación con su composición y función, debido a que la superficie forestal presenta diferentes grados de intervención. En el área de estudio, se observa una baja presencia de especies forestales características del bosque primario.

En relación con las coberturas de vegetación, los actores sociales no asocian los arbustos como proveedores de servicios ecosistémicos, lo que puede deberse a su percepción como rastrojo, maleza o zonas de barbecho. Esto indica una fuerte vulnerabilidad al cambio de uso o intervención para la ampliación de la frontera agrícola-ganadera, lo que podría afectar negativamente estas coberturas.

Respecto a los territorios artificializados o transformados, los actores no los consideran proveedores de servicios ambientales, salvo en lo que respecta a su función cultural relacionada con la construcción de centros poblados en el área de estudio.

En conclusión, bajo el estado actual del ecosistema, el servicio ambiental que presenta mayor percepción por parte de los actores sociales en la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre es el de regulación. Sin embargo, esta regulación se atribuye más a la captura de carbono que pueden ofrecer los ecosistemas que a la función de regulación y calidad hídrica. Esto puede explicarse por factores como un mayor flujo de información sobre gases de efecto invernadero asociados al cambio climático, programas y estándares sobre captura de CO<sub>2</sub> implementados en los sectores productivos, o por ser un tipo de incentivo de pago por servicios ambientales (PSA) aplicado en otras áreas (ver Tabla 12).

Tabla 12. Valores de agregación para  $r_2$ .

		<b>Regulación y Calidad</b>	<b>Conservación</b>	<b>GEI</b>	<b>Culturales</b>
Grupo 1	UP1	*	*	0,462	0,538
	UP3	0,482	0,241	0,562	0,161
	UP5	0,417	0,417	0,583	0,083
Grupo 2	UP2	*	0,398	0,299	*
	UP4	*	*	*	0,046

\*Valores negativos.

Es importante destacar que, en relación con los atributos de la biodiversidad y su conexión con la provisión de servicios ecosistémicos, los actores no la perciben como un elemento determinante dentro del ecosistema. Sin embargo, el análisis estadístico de los datos indica que la biodiversidad está asociada con el servicio de regulación y con la función de regulación y calidad hídrica. En cuanto a los bosques y la vegetación sucesional, se reconocen sus características en términos de composición; en contraste, los agroecosistemas son percibidos negativamente debido a su asociación con monocultivos y actividades pecuarias de baja diversidad, lo que se refleja en la percepción general sobre la estructura del ecosistema.

La función de la biodiversidad en el ecosistema se atribuye en mayor medida a los bosques. Ahora bien, es relevante señalar que el grupo de actores no identificó características destacables en los arbustos, como se mencionó anteriormente, ni en las áreas transformadas (ver Tabla 13).

Tabla 13. Valores de agregación para  $r_3$ .

		<b>Composición</b>	<b>Estructura</b>	<b>Función</b>
Grupo 1	UP1	*	0,077	0,077
	UP3	0,321	0,161	0,321
	UP5	0,250	0,167	0,167
Grupo 2	UP2	*	*	*
	UP4	*	*	*

\*Valores negativos.

A partir del análisis de los resultados de la mesa técnica, se presentan algunas conclusiones expresadas por los actores en respuesta a la pregunta: ¿Cuál es la capacidad del ecosistema para proveer servicios ecosistémicos? Estas conclusiones permiten contextualizar el ejercicio desarrollado con los actores y proponen acciones para consolidar la temática de servicios ambientales entre ellos:

*“Todo ecosistema tiene una capacidad alta de generar servicios ecosistémicos de acuerdo a las necesidades que se requieran satisfacer”* Unidades Tecnológicas de Santander - UTS.

*“La capacidad de un ecosistema en buenas condiciones es alto proveedor de servicios ecosistémicos”* PDPMM.

*“Depende del ecosistema analizado, pero es alta en términos generales, y depende del manejo que se le dé”* Contratista CorMagdalena.

*“La capacidad de acuerdo al entorno e información visual es media, con el riesgo de que aumente negativamente, por efecto del desarrollo agropecuario desordenado”*  
Compañía Nacional de Chocolates - Granja Yariguíes.

*“Los agroecosistemas bien manejados y gestionados, pueden tener atractivos equivalentes a bosques secundarios. Además, proveen alimento y recursos a la población”* Gremio palmero.

*“La capacidad ecosistémica es regular para proveer servicios por las afectaciones y las intervenciones en las áreas de interés (bosque fragmentado, vegetación secundaria)”*  
Aguas de Barrancabermeja S.A. E.S.P.

Este conjunto de percepciones enmarca una serie de consideraciones relacionadas con las preferencias de los actores, las cuales son determinantes para la gestión articulada, la unificación de criterios y la gobernanza. Estas acciones deben coincidir en un objetivo común, pero también requieren una mayor concentración de esfuerzos que promuevan la mejora de las condiciones existentes para conservar el ecosistema.

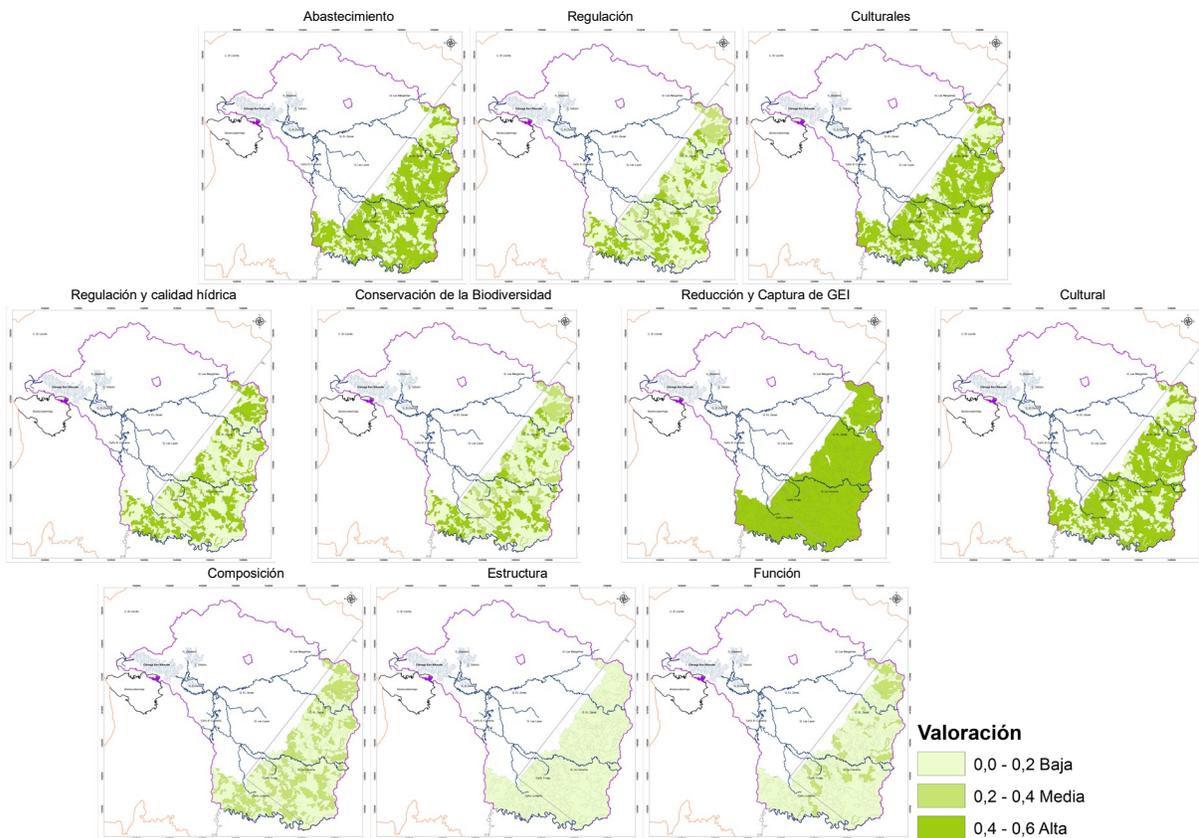
### **2.2.5 Mapa de SE por parte de los actores institucionales.**

El mapa de servicios ecosistémicos representa las percepciones de los actores institucionales respecto a la contribución relativa de los cinco grupos de ecosistemas más representativos de la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre en la provisión de servicios ecosistémicos. Este mapa se elaboró a partir del análisis de percepciones, el cual reveló la formación de dos grupos diferenciados que representan las unidades proveedoras de servicios ecosistémicos (SE) reconocidas por los actores, con capacidad para ofrecer servicios ambientales en el DRMI Humedal San Silvestre. Para ello, se tomó como referencia el Grupo 1, que incluye

agroecosistemas, bosques, bosques fragmentados y vegetación secundaria, utilizando sus valores de agregación, como se observa en la Figura 9.

El área evaluada se caracteriza por proporcionar, bajo las condiciones actuales, tres tipos de beneficios a la sociedad: abastecimiento, regulación y calidad hídrica, así como beneficios culturales asociados a las dinámicas económicas locales. Esto plantea un reto significativo en relación con los objetivos de diseño del esquema de Pago por Servicios Ambientales (PSA), ya que implica el sostenimiento y la reconversión de las actividades productivas para garantizar la conservación del ecosistema y aumentar los beneficios (ver Figura 12).

Figura 12. Mapa de servicios ecosistémicos según actores sociales-institucionales.



Esta aproximación destaca que las áreas de ronda hídrica y los bosques de ribera son de especial importancia ambiental y presentan una vulnerabilidad significativa ante el cambio de uso y la transformación. Garantizar su protección contribuiría a mejorar las condiciones actuales de todo el DRMI Humedal San Silvestre.

## 2.3 Fase 3. Valoración ecológica de la regulación hídrica potencial de la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre

Siguiendo el proceso metodológico propuesto, se obtuvieron los siguientes resultados para las variables biofísicas analizadas, lo cual representa un avance en la consolidación de una comprensión de las condiciones del ecosistema que es fundamental recuperar mediante la estructuración del esquema de Pago por Servicios Ambientales (PSA).

### 2.3.1 Calificación de variables biofísicas

#### 2.3.1.1 Cobertura de la tierra

A partir de la clasificación de coberturas desarrollada, se obtuvieron los siguientes resultados: para la clasificación supervisada, se registró un valor de Kappa de 0,68 y una exactitud general (OA) de 73,65; mientras que para el método de Random Forest (RF), se alcanzó un Kappa de 0,93 y una OA de 95,48. En consecuencia, se utilizó el método RF para el proceso de calificación, identificando cinco coberturas que dominan la escena.

Estas coberturas fueron evaluadas en función de los procesos ecológicos que influyen en la regulación hídrica, tales como la escorrentía superficial, la infiltración, la interceptación y la evapotranspiración. Los bosques se consideran las coberturas que impactan positivamente en la regulación hídrica, mientras que los suelos desnudos generan un efecto inverso, ya que carecen de cobertura vegetal y son indicativos de diferentes tipos de erosión. Para desarrollar esta ponderación, se tomaron como referencia los valores proporcionados por Rodríguez y Medina (2015) (ver Tabla 14).

Tabla 14. Valoración RH de las coberturas de la tierra.

Cobertura de la tierra	Procesos ecológicos				Valoración
	<i>Esc</i>	<i>Inf</i>	<i>Interc</i>	<i>ETP</i>	
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3	3,6	4,5	2	5
Vegetación secundaria	2	2,9	3,5	1,75	4
Cultivos	1	2,1	3,5	1,75	3
Pastos	0,5	1,4	2,5	1,25	2
Suelo desnudo	3	0,5	0	2	1

Fuente: adaptado de Rodríguez y Medina 2015. Donde: *Esc* Escorrentía superficial, *Inf* Infiltración, *Interc* Interceptación, *ETP*: Evapotranspiración.

Nota: Suelo desnudo o desprovisto de cobertura vegetal

Esta variable se caracteriza por la presencia de dos coberturas de la tierra que son dominantes en el paisaje y que pueden considerarse como resultado de acciones que han perturbado el

ecosistema. Estas coberturas son la agrícola, representada por cultivos de palma de aceite (20%), y los pastos para ganadería (26%), las cuales configuran el 46% de la superficie de la parte alta del DRMI. Estas coberturas condicionan la capacidad del ecosistema para proporcionar el servicio ecosistémico de regulación, como se puede observar en la Figura 13 y la Tabla 15.

Figura 13. Mapa de valoración RH de las coberturas de la tierra.

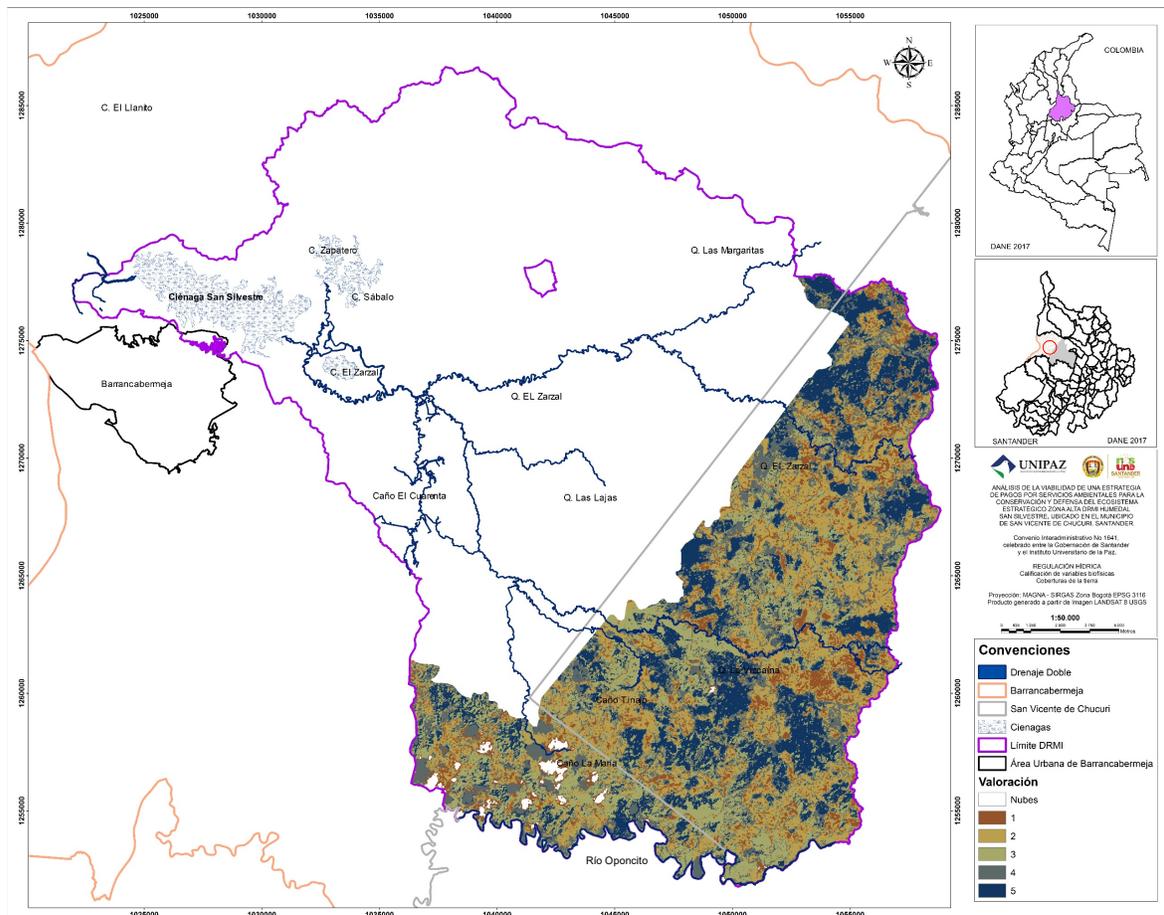


Tabla 15. Distribución de la regulación hídrica según tipo de cobertura de la tierra.

Cobertura de la tierra	Valoración	Área ha	%
Suelo desnudo	1	2.624,1	10%
Pastos	2	6.902,5	26%
Cultivos	3	5.217,7	20%
Vegetación secundaria	4	5.628,9	22%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5	5.424,6	21%

Nota: el 1% de la escena contiene nubes.

De esta forma, se aprecia un ecosistema que carece de coberturas boscosas desarrolladas, solo el 21% del área total de la parte alta del DRMI contienen este tipo de cobertura. La vegetación secundaria en sus diferentes estados sucesionales representa el 20%, sin embargo, se encuentran en permanente transformación por efecto de la expansión de la frontera agrícola – ganadera. En la Figura 14 se ilustran algunas áreas que sirvieron de puntos de control para la clasificación de la imagen Landsat 8.

Figura 14. Coberturas de la tierra presentes en la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre.



Pastos



Vegetación secundaria baja



Vegetación secundaria alta



Suelos erosionados



Cultivo de palma de aceite jóvenes



Cultivo de palma de aceite

### 2.3.1.2 Geopedología.

La geopedología de la parte alta se obtuvo a partir de un archivo vectorial disponible en el geoportal del IGAC, específicamente en la subdirección de Agrología, que incluye los mapas de Suelos del Territorio Colombiano a escala 1:100.000 para el departamento de Santander. Este mapa proporciona información valiosa sobre el recurso suelo, a través de la descripción e interpretación de su génesis, características físicas, químicas, mineralógicas, morfológicas, taxonomía y distribución, lo que sirve como base para determinar sus potencialidades y limitaciones de uso (IGAC, 2019). En este sentido, para el área de estudio se presentan las siguientes características (ver Tabla 16) y valoración según Rodríguez y Medina 2015 (ver Figura 15 y Tabla 17).

Tabla 16. Valoración RH – Geopedología.

Características	Valoración
Relieve moderado y fuertemente escarpado con pendientes 50-75% y mayores del 75%; profundos y moderadamente profundos; texturas franco arcillo arenosa, arcillosa y franco arcillosa.	2
Relieve ligero a moderado y fuertemente ondulado con pendientes 3-7-12-25% y fuertemente quebrado 25-50%; profundos hasta muy superficiales; texturas arcillo arenosa, arcillosa, franco arenosa, franco arcillosa, franco arcillosa arenosa, franca	1
Relieve ligeramente plano y ligeramente inclinado con pendientes 1-3-7%; moderadamente profundos y muy superficiales; texturas franco arenosa, franca, franco arcillosa, franco arcillo limosa, arcillosa.	2
Relieve moderado y fuertemente ondulado 7-12-25%, fuertemente quebrado 25-50%; muy superficial a moderadamente profundos; texturas franca, franco arcillosa, franco arenosa, franco arcillo arenosa.	3
Relieve moderado a fuertemente ondulado y fuertemente quebrado con pendientes 12-25-50%; moderadamente profundos; texturas franca, franco arcillosa, arcillosa, franco arcillo limosa.	2
Relieve ligeramente plano con pendientes 1-3% y ligera a fuertemente ondulado con pendientes 7-12-25%; profundos y texturas franco arenosa, franca, franco arcillo arenosa.	3
Relieve ligero a moderadamente inclinado con pendientes 3-7-12%; moderadamente profundos y profundos; texturas franco arenosa, franco arcillosa.	3
Relieve ligero a moderado y fuertemente ondulado con pendientes 3-7-12-25% y fuertemente quebrado 25-50%; profundos hasta muy superficiales; texturas arcillo arenosa, arcillosa, franco arenosa, franco arcillosa, franco arcillosa arenosa, franca.	3
Relieve plano con pendientes 1-3%; superficiales y muy superficiales; textura franco limosa, arenosa, franca, franco arcillo limosa, arcillo limosa, franco arenosa; reacción muy fuerte a moderadamente ácida y neutra; fertilidad natural moderada y baja.	5

Figura 15. Mapa de valoración RH – Geopedología.

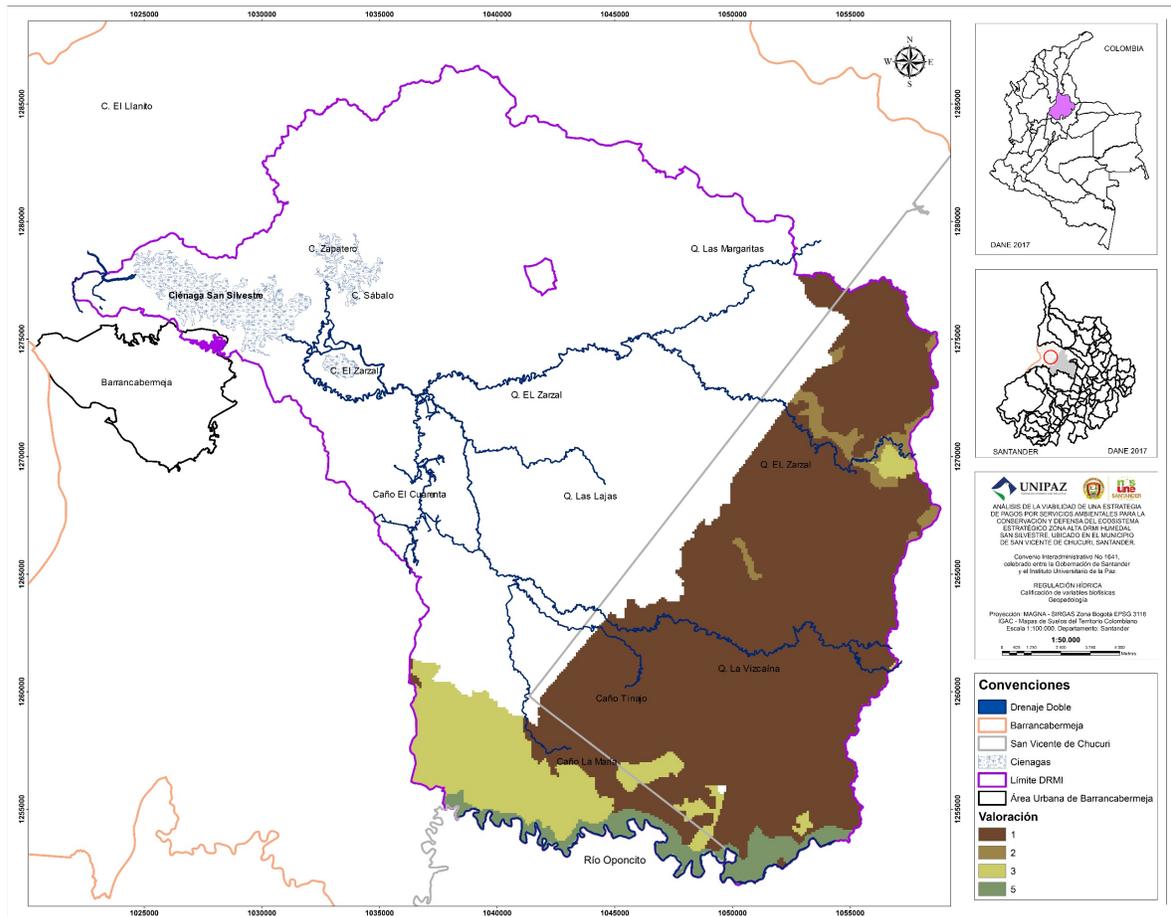


Tabla 17. Distribución de la regulación hídrica según geopedología.

Características	Valoración	Área ha	%
Arcillosa	1	20260,0	78%
Franco arcillosa	2	695,4	3%
Franco arenosa	3	3761,8	14%
Franca	5	1335,6	5%

Esta zona se caracteriza por la presencia de suelos con características arcillosas y franco-arcillosas, que representan el 81% de la superficie. Estos suelos tienden a retener grandes cantidades de agua debido a su tamaño de partículas finas, lo que resulta en una baja permeabilidad. Esta condición limita el paso del agua a través del perfil del suelo, reduciendo la capacidad de recarga de los acuíferos y la regulación de los caudales, lo que favorece la escorrentía superficial.

Además, se identifican áreas susceptibles a la erosión, que varían de ligera a severa, como se detalla en la Tabla 18. En ella se observa que el 84% del área del DRMI Humedal San Silvestre es susceptible a algún tipo de erosión, lo que incrementa el transporte de sedimentos y altera la calidad hídrica de la cuenca.

Tabla 18. Tipo de erosión presente en la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre.

<b>Erosión</b>	<b>Área ha</b>	<b>%</b>
Ligera	9.906,7	38%
Moderada	5.668,9	22%
Severa	5.578,4	21%
Muy severa	623,6	2%
No hay, o no apreciable	4.275,1	16%

Adaptado de: CAS – ECOPEPETROL, 2016.

Como hecho particular, se reportó un deslizamiento en la carretera que conecta la vereda Vizcaína (San Vicente de Chucurí) con el sector de La Lizama, a dos kilómetros y medio del corregimiento La Fortuna de Barrancabermeja, durante las fechas de ejecución del convenio (miércoles 13 de octubre de 2019). Este evento afectó a cerca de 1.500 personas (Vanguardia, 2019) y evidenció el estado de degradación en el que se encuentra la cuenca en la parte alta.

### **2.3.1.3 Geología.**

A partir de la capa de información geográfica utilizada en el punto anterior, se procedió a identificar las características geológicas del área de estudio. Esta área se distingue por el afloramiento de rocas del Terciario y Cuaternario, que incluyen areniscas, arcillas, conglomerados y depósitos de ríos y quebradas. Las formaciones más representativas son el Grupo Real (Tmr), constituido por conglomerados, areniscas y sales de colores rojo, gris, púrpura y pardo, y la Formación Colorado (Toc) (Paleógeno), que se compone predominantemente de arcillas de color gris claro, púrpura y moteado de rojo, con intercalaciones de areniscas en bancos de espesor variable y estratificación cruzada. Además, se observan terrazas y depósitos aluviales en los márgenes de los ríos y quebradas (Jaimes Castiblanco E. y López Hernández O., 2015; Beltrán y Quintero, 2008).

En la Tabla 19 y la Figura 16 se describen las características litológicas presentes en el área de estudio, así como su valoración en función de su incidencia en el servicio ecosistémico de regulación hídrica según Rodríguez y Medina 2015.

Tabla 19. Valoración RH – Geología.

Características	Valoración
Areniscas, lutitas, calcáreas o no; calizas, limolitas y cenizas volcánicas	4
Arcillolitas, lullitas, areniscas y arcillas	4
Aluviales mixtos	5
Calizas, areniscas, arcillosas, alternancia de areniscas y arcillas	4
Areniscas, arcillolitas calcáreas y no; calizas, lullitas, cenizas volcánicas y alteradas	4
Arcillas, abigarradas y cantos en matriz arenosa	4
Filítas, materiales aluviales gruesos y finos	5

Figura 16. Mapa de valoración RH – Geología.

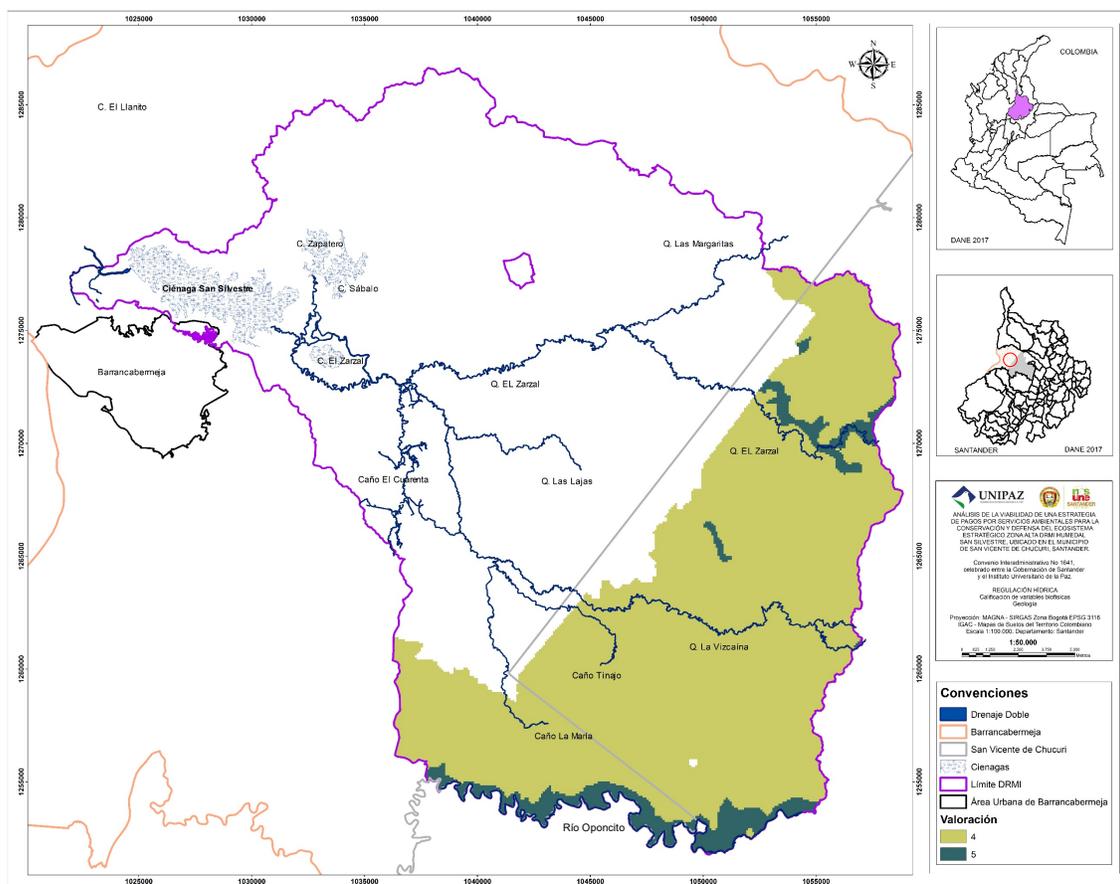


Tabla 20. Distribución de la regulación hídrica según geología.

Características	Valoración	Área ha	%
Formación Real – Formación Colorado	4	24.056,9	92%
Depósitos de aluviones – Terraza aluvial	5	1.995,8	8%

De esta manera, como se observa en la Tabla 20 la parte alta del DRMI se caracteriza principalmente por la presencia de areniscas, que constituyen el 92% del área total. Estas rocas son permeables cuando están fracturadas, lo que favorece la recarga de acuíferos y la regulación de caudales a través del flujo subsuperficial hacia las quebradas, como la Vizcaína. Por otro lado, las zonas de las quebradas El Zarzal y el valle del río Oponcito están compuestas por materiales transportados y depositados por las corrientes en terrazas y aluviones, que representan el 8% del área total de estudio. Este tipo de material se caracteriza por su reducida capacidad de retención.

#### 2.3.1.4 Pendiente

La pendiente del terreno se obtuvo mediante un modelo digital de elevaciones (DEM), generado por el sensor ALOS PALSAR y descargado de la plataforma NASA Alaska en el satélite Facility. Este modelo tiene una precisión de 30 metros y fue adquirido el 16 de marzo de 2011. Para el análisis de las pendientes de la zona, se utilizaron los rangos establecidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2014), que se dividen en seis categorías de clasificación (ver Tabla 21 y 22) y valoración según Rodríguez y Medina 2015 (ver Figura 17).

Tabla 21. Valoración RH – Pendientes.

Rangos %	Características	Valor
0-3	A nivel	5
3-7	Ligeramente Inclinada	5
7-12	Moderadamente Inclinada	4
12-25	Fuertemente Inclinada	3
25-50	Ligeramente empinada o ligeramente escarpada	2
50-75	Moderadamente empinada o moderadamente escarpada	1

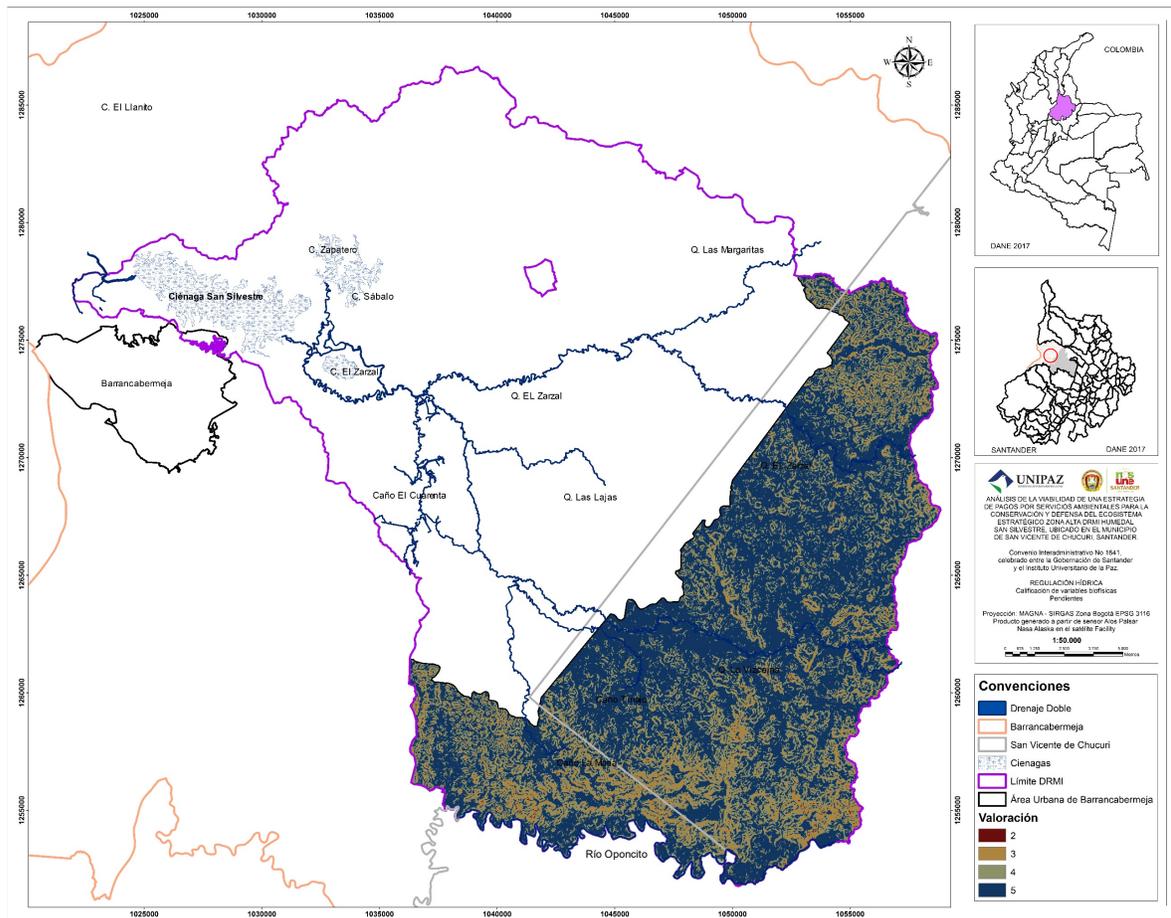
Adaptado de IGAC, 2014.

Nota: los rangos 0% al 7% fue asignada una misma valoración para mejorar la interpretación.

Tabla 22. Distribución de la regulación hídrica según el tipo de pendiente.

Características	Valoración	Área ha	%
Ligeramente empinada o ligeramente escarpada	2	23,0	0,1%
Fuertemente Inclinada	3	2.942,3	11%
Moderadamente Inclinada	4	6.856,8	26%
A nivel - Ligeramente Inclinada	5	16.230,6	62%

Figura 17. Mapa de valoración RH – Pendientes.



En relación con las pendientes, se puede indicar que el 62% del área de estudio en la parte alta del DRMI presenta pendientes a nivel y ligeramente inclinadas, características de la red de drenaje, especialmente en las quebradas El Zarzal, Vizcaína y el río Oponcito, ubicadas en el límite sur. Además, se destacan las pendientes moderadamente inclinadas y fuertemente inclinadas en la zona sur de la parte alta del DRMI, que conforman el paisaje de lomerío en las veredas Albania y La Tempestuosa, en el municipio de San Vicente de Chucurí. Asimismo, en este sector de la vereda Caño Tigre se encuentran pendientes ligeramente empinadas; sin embargo, estas representan solo el 0,1% del área de estudio (ver Figura 16).

### 2.3.2 Ponderación de la regulación hídrica potencial de la parte alta del DRMI Humedal San Silvestre

Para el análisis multicriterio, se utilizó la función Band Math del software ArcGIS con el objetivo de realizar una superposición de capas raster de entrada, previamente valoradas (coberturas de

la tierra, geopedología, geología y pendiente). La información resultante de esta superposición se clasificó en cinco tipos de áreas: alta, medio alta, media, medio baja y baja regulación hídrica potencial, como se puede observar en la Tabla 23 y la Figura 18.

Tabla 23. Distribución de la regulación hídrica potencial del DRMI Humedal San Silvestre parte alta.

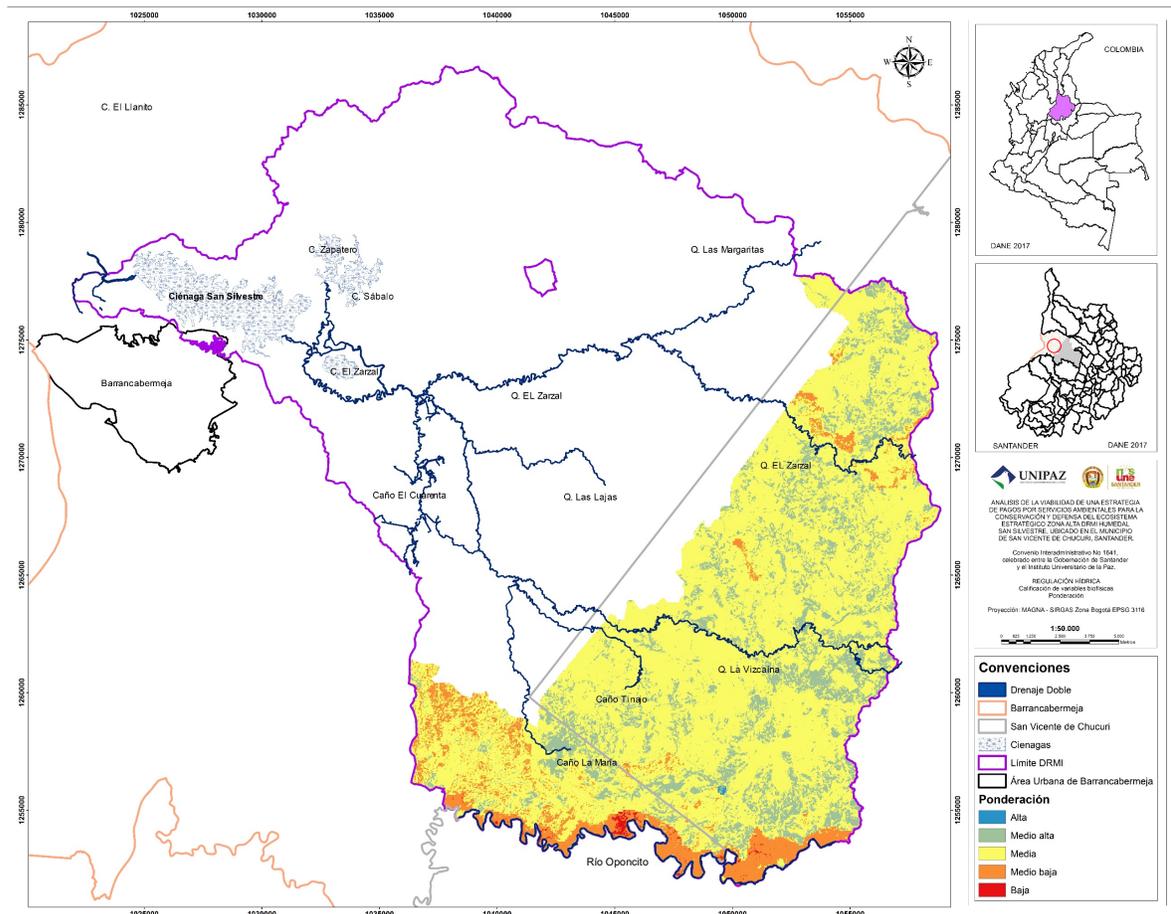
Calificación	Ponderación	Área ha	%
Alta	5	74,7	0,29%
Medio alta	4	2.247,9	8,63%
Media	3	19.226,7	73,80%
Medio baja	2	4.496,2	17,26%
Baja	1	7,2	0,03%

Este análisis permite evidenciar las condiciones de la microcuenca en relación con el servicio ecosistémico de regulación hídrica. En términos generales, se observa que la regulación hídrica potencial es media, representada en un área de 19,226.7 ha o 73.8% del total de la parte alta del DRMI. Además, el 17.26% presenta una regulación hídrica potencial medio-baja, que, si se añade a la valoración anterior, el porcentaje se elevaría a 91.06% del área con condiciones de degradación progresiva.

La combinación de suelos arcillosos (impermeables y susceptibles a la erosión), pendientes moderadas y la reducción de la cobertura de bosques y de vegetación secundaria debido al avance de la frontera agrícola-ganadera, limitan la infiltración y recarga de acuíferos en la zona. Por otra parte, la presencia de rocas areniscas, con su mayor porosidad, suelen permitir la infiltración y almacenamiento de agua. Sin embargo, en situaciones de pérdida de vegetación y cambios en el uso del suelo, esta capacidad se ve limitada, lo que podría explicar las inundaciones durante épocas lluviosas y los caudales mínimos en temporadas secas (Gutiérrez y Pinzón, 2017), así como un aumento en el arrastre de sedimentos, producto de la erosión en la microcuenca, alteran la calidad del agua en la ciénaga San Silvestre y afecta tanto la biodiversidad acuática como los servicios ecosistémicos que brindan.

Esta situación es alarmante y resalta la necesidad de fortalecer las acciones de conservación y defensa de la microcuenca, así como de desarrollar estrategias de restauración integral que ofrezcan soluciones a mediano y largo plazo en un marco de soluciones basadas en la naturaleza.

Figura 18. Mapa de regulación hídrica potencial.



En el mapa se puede observar tres áreas localizadas cerca de las rondas hídricas de las Quebradas El Zarzal, La Vizcaína y el caño La María, zonas que se encuentran en diferentes estados de degradación producto de las actividades antrópicas en sus áreas de influencia (actividades minero-energéticas y agropecuarias).

Por último, es importante señalar que, aunque el río Oponcito (límite sur de la zona alta del DRMI) no es un tributario directo de la ciénaga San Silvestre, la evaluación ecológica evidencia que esta zona está siendo afectada por el aumento de las actividades agropecuarias en especial el establecimiento de cultivos de palma de aceite, por tal motivo, es necesario establecer una estrategia diferenciada para la conservación de esta zona del ecosistema que integren el monitoreo continuo del recurso hídrico, así como el desarrollo de sistemas productivos sostenibles y prácticas agropecuarias más amigables con el entorno natural.



# Conclusiones



### 3. Conclusiones

El Distrito de Manejo Integrado (DRMI) Humedal San Silvestre, como ecosistema estratégico, ofrece una diversidad de servicios ecosistémicos de abastecimiento, regulación y culturales. No obstante, los actores sociales han determinado que, bajo las condiciones actuales, el DRMI se encuentra en un estado desfavorable, lo que disminuye la percepción y el aprovechamiento de los beneficios directos e indirectos que este ecosistema provee.

Las instituciones identifican una oportunidad clave para mejorar la conservación del ecosistema mediante la implementación de un esquema de pago por servicios ambientales (PSA) en el DRMI, centrado en la regulación y calidad hídrica. Esta medida podría transformar las dinámicas actuales de manejo y fortalecer la protección de los servicios ecosistémicos esenciales para la región.

Además, se evidenció la necesidad de unificar los criterios conceptuales y teóricos entre los integrantes de la mesa técnica relacionados con los servicios ecosistémicos. Esto representa una oportunidad para fortalecer capacidades mediante la creación de espacios de formación y entrenamiento para los tomadores de decisiones en temas relacionados con servicios ecosistémicos, interacciones y grados de dependencia de variables, entre otros aspectos.

Es crucial intensificar las acciones de conservación y restauración de la microcuenca iniciando por las rondas hídricas de los caños y quebradas, con un enfoque integral a mediano y largo plazo con el fin de garantizar la provisión del servicio de regulación hídrica.

La combinación de suelos arcillosos, pendientes moderadas, y la pérdida de cobertura vegetal debido al avance agrícola-ganadero, ha reducido la capacidad de regulación hídrica en la parte alta del DRMI. Esta situación ha alterado los regímenes de escorrentía e incrementado el arrastre de sedimentos, lo que refuerza la necesidad de adelantar procesos de restauración ecológica de la microcuenca y gestionar la biodiversidad en diferentes escalas espaciales y temporales.

Finalmente, la implementación de un esquema de PSA orientado a la regulación hídrica permitiría garantizar el abastecimiento adecuado para el sistema de acueducto del distrito de Barrancabermeja.

## Referencias

- Beltrán, A., Quintero, C. (2008). Geología de la Plancha 119, Barrancabermeja. Escala 1: 100.000. INGEOMINAS. Bogotá.
- Brauman, K. A., Daily G. C., Duarte, T. K. y Mooney, H. A., (2007). The nature and value of ecosystem services: An overview highlighting hydrologic services. *Annual Review of Environmental Resources*, 32: 67–98.
- Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). (2011). Acuerdo No. 181 de 2011 por medio del cual se homologa la Denominación de área protegida, declarada mediante acuerdo No. 0058-06 que declaró y alinderó el Distrito de Manejo Integrado de los recursos Naturales Renovables DMI, del humedal San Silvestre y sus zonas aledañas, localizado en los municipios de Barrancabermeja y San Vicente de Chucuri, departamento de Santander y se dictan otras disposiciones.
- Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). 2013. Acuerdo No. 226 de 2013 por medio del cual se aprueba la sustracción de un área del Distrito Regional de Manejo Integrado DRMI del humedal San Silvestre para la construcción y operación de un sitio de disposición final de residuos sólidos.
- Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). (2014<sup>a</sup>). Acuerdo No. 261 de 2014 por medio del cual se aprueba la sustracción de un área del Distrito Regional de Manejo Integrado DRMI del humedal San Silvestre para la construcción y operación de un sitio de disposición final de residuos sólidos.
- Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). (2014<sup>b</sup>). Acuerdo No. 260 de 2014 por medio del cual se ajusta las coordenadas del polígono sustraído mediante acuerdo No. 226 de 30 de julio de 2013 para una actividad de utilidad pública e interés social y se dictan otras disposiciones.
- CAS - ECOPEPETROL. (2016). Plan de Manejo Ambiental del Distrito Regional de Manejo Integrado - DRMI Humedal San Silvestre en los municipios de Barrancabermeja y San Vicente de Chucurí. Capas de información geográfica – Geodatabase. Corporación Autónoma de Santander.
- ChatGPT. (2024). Esquema artístico de un análisis multicriterio [imagen generada por IA]. OpenAI.
- Chen L, J Wang, W Wei, B Fu, D Wu. (2010). Effects of landscape restoration on soil water storage and water use in the Loess Plateau Region, China. *Forest Ecology and Management* 259: 1291-1298.
- De Groot, R. S., Wilson, M. a, & Boumans, R. M. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393–408. doi: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7

- Elosegi Irurtia A. y Sabater i Cortés S. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. La vegetación terrestre asociada al río el bosque de ribera. Editores: Fundación BBVA. España. ISBN: 978-84-96515-87-1. pp. 311-322.
- Espinosa, J. C., Martínez, M. C., Oberlaender, J., Sanín, M. C., Peñaloza, L., Ortiz, J. D. y Lozano M. (2016). Lineamientos para la adopción del Estándar de Sostenibilidad de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible -RSPO- en Colombia. Grupo interinstitucional para el desarrollo de los lineamientos: Proyecto gef, Paisaje Palmero Biodiverso, Fedepalma, Cenipalma, World Wildlife Fund (wwf), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Enlaza, 23 pp.
- FAO. (24 de septiembre de 2019). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Servicios ecosistémicos y biodiversidad. Obtenido de <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/provisioningservices/es/>
- Grizzetti B, D Lanzanova, C Liqueste, A Reynaud, A Cardoso. (2016). Assessing water ecosystem services for water resource management. *Environmental Science & Policy* 61: 194-203.
- Gustavo Camps-Valls, Devis Tuia, Luis Gómez-Chova, Sandra Jiménez and Jesús Malo. (2011). *Remote Sensing Image Processing*. Morgan & Claypool publishers. Pág. 66.
- Gutiérrez, V. L., & Pinzón, P. L. (2017). Evaluación de la erosión hídrica y escorrentía en tres sistemas productivos para un manejo sostenible del suelo en la vereda Santa Marta, Cabrera, Cundinamarca [tesis de pregrado, Universidad Minuto de Dios]. Repositorio Institucional Uniminuto.
- Haines-Young, R.H. and Potschin, M.B. (2009): Methodologies for defining and assessing ecosystem services. Final Report, JNCC, Project Code C08-0170-0062, pp 69.
- IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto Alexander von Humboldt (I. Humboldt), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés" (Invemar) y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (MEC) [mapa], Versión 2.1, escala 1:100.000.
- IGAC. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2002). Mapas de Suelos del Territorio Colombiano a escala 1:100.000. Departamento: Santander. Disponible en: <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>.
- IGAC. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2014). Instructivo. Códigos para los levantamientos de suelos grupo interno de trabajo de levantamientos agrológicos. Cód. I40100-06/14. V1.
- Freepik. (2019). Íconos y vectores. Disponibles en: <https://profile.freepik.com>
- Jaimes Castiblanco E. y López Hernández O. (2015). Contribución al conocimiento geológico del sector suroeste de la plancha 120-III-C, Valle Medio del Magdalena. Tesis de grado. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela De Geología. Bucaramanga.

- Jullian C., Nahuelhual L., Mazzorana B., y Aguayo M. (2018). Evaluación del servicio ecosistémico de regulación hídrica ante escenarios de conservación de vegetación nativa y expansión de plantaciones forestales en el centro-sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 39(2), 277-289. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002018000200277>.
- Laterra, P. (2013). Evaluación y Mapeo de Servicios Ecosistémicos: Retos para la Gestión Territorial en América Latina. En Jobbagy E. & Paruelo J. (Eds.), *Valoración de Servicios Ecosistémicos: Conceptos, Herramientas y Aplicaciones para el Ordenamiento Territorial* (pp.20-55). Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA.
- MADS. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico. (2018). *Guía metodológica para la formulación de los planes de manejo ambiental de microcuencas – PMAM*. Bogotá D.C. pp. 53.
- MADS. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE)*. República de Colombia. pp. 128.
- Martín-López, B. González, JA. Vilardy Quiroga, SP. Montes, C. García-Llorente, M. Palomo, I. Agudelo, M. (2012a). *Ciencias de la sostenibilidad. Guía docente*. Published by Universidad del Magdalena, Instituto Humboldt, Universidad Autónoma de Madrid. ISBN 978-84-695-4527-0. pp.147.
- Martín-López, B., I. Iniesta-Arandia, M. García-Llorente, I. Palomo, I. Casado-Arzuaga, D. García Del Amo, E. Gómez-Baggethun, E. Oteros-Rozas, I. Palacios-Agundez, B. Willaarts, J.A. González, F. SantosMartín, M. Onaindia, C.A. López-Santiago, C. Montes. (2012b). Uncovering ecosystem services bundles through social preferences. *PloS ONE* 7(6): e38970. doi:10.1371/journal.pone.0038970
- Martinez Menbreño, M. S., & Rodríguez Gálvez, D. (2018). *Composición florística de la microcuenca el Jute y propuesta de manejo con enfoque ecosistémico*, San Miguel, 2018 (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
- MEA. Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Miteco. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico (España). (2019). *Caracterización de la vegetación de ribera*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/ca/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/caracterizacion-vegetacion-ribera/funciones.aspx>
- Nieto, M., Cardona, L. y Agudelo, C. (2015). Análisis de servicios ecosistémicos. Provisión y regulación hídrica. En: Ungar, P. ed. 2015. *Hojas de ruta. Guías para el estudio socioecológico de la alta montaña en Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. ISBN digital: 978-958-8889-60-3. pp 100.

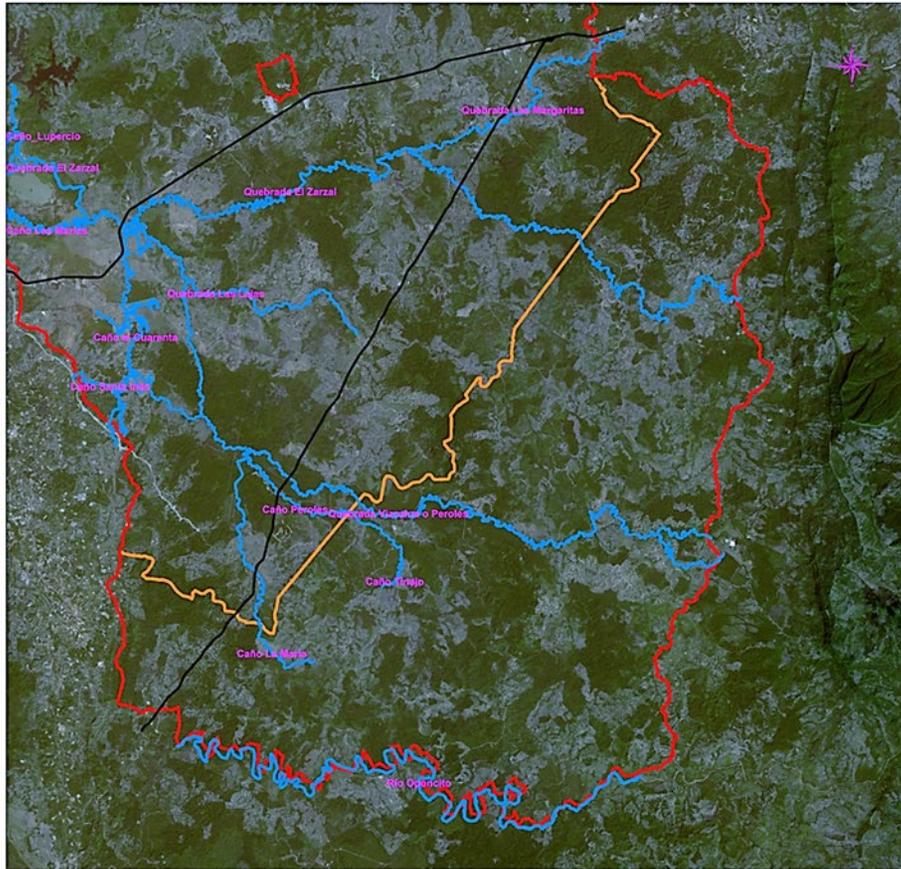
- Norse, EA., McManus, RE. (1980). Ecology and living resources biological diversity. En Environmental quality 1980: The eleventh report of the Council on Environmental Quality. Council on Environmental Quality. Washington DC, EEUU. pp. 31-80.
- Noss R.(1990). Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. Conservation Biol. 4: 355-364.
- Núñez I., González-Gaudiano E., y Barahona A. La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. (2003). Interciencia, vol. 28, núm. 7, julio, 2003, pp. 387-393.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'Amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P., Kassem, K. R. (2001). Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. Bioscience 51(11):933-938.
- Ostrom, E. (2014) Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. Ecology and Society Vol (19), pp. 12- 30
- Rincón-Ruíz, A., Echeverry-Duque, M., Piñeros, A. M., Tapia, C. H., David, A., Arias-Arévalo, P. y Zuluaga, P. A. (2014). Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C. Colombia, 151 pp.
- Rodríguez Tovar D., y Medina Muñoz M. (2015). Valoración ecológica de la regulación hídrica potencial de la cuenca alta del río Chicamocha. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal. Bogotá, D.C.
- RUNAP. Registro Único Nacional de Áreas Protegidas. (2024). Disponible en: <https://runap.parquesnacionales.gov.co/>
- SMAB. Secretaría de Medio Ambiente de Barrancabermeja. Alcaldía de Barrancabermeja. (2018). Sistema de seguridad hídrica ciénaga San Silvestre. Barrancabermeja. 216 p.
- Tapia, C. (2006). “Análisis de actores para la Zona Común de Pesca de Ancud, Chile.”, Reporte Técnico en el marco de proyecto FIP 2004-14, “Ordenamiento de las pesquerías bentónicas de la zona común de pesca de la comuna de Ancud, X Región”.
- Vanguardia. (2019). De uno a dos meses tardará la recuperación de la vía. Publicado el miércoles 16 de octubre de 2019. Disponible en: <https://www.vanguardia.com/santander/barrancabermeja/de-uno-a-dos-meses-tardara-la-recuperacion-de-la-via-XG1549606>



**Anexos**

Anexo 1. Mapas Zona Alta Distrito de Manejo Integrado (DRMI).

**MAPEO COLECTIVO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL DRMI HUMEDAL SAN SILVESTRE. ZONA ALTA**



**CONSIDERACIONES**

¿Qué tipo de servicio ecosistémico reconoce dentro de la zona analizada de DRMI humedal San Silvestre?

¿Cuál es el estado y tendencia de los servicios ecosistémicos?

¿De cuáles servicios ecosistémicos dependen, directa e indirectamente?

¿Cuáles son los principales impulsores de cambio de los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos asociados?

¿Cuáles son las estrategias de conservación formales o voluntarias que regulan el acceso y uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del territorio?

¿Qué tipo de estrategias articula para la protección del ecosistema DRMI humedal San Silvestre?

¿Cuáles son los instrumentos de mercado y de gobierno, que regulan el acceso y uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del territorio?

¿Cuáles de estos instrumentos son reconocidos por los actores?

**ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE UNA ESTRATEGIA DE PAGOS POR SERVICIOS AMBIENTALES PARA LA CONSERVACIÓN Y DEFENSA DEL ECOSISTEMA ESTRATÉGICO ZONA ALTA DRMI HUMEDAL SAN SILVESTRE, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURI, SANTANDER**

Convenio Interadministrativo No 1847, celebrado entre la Gobernación de Santander y el Instituto Universitario de la Paz.

Fuente:  
1:50.000  
Carpas de información CAS, 2015  
Imágenes SENTINEL-2A, LLC



Anexo 1. Mapas Zona Baja Distrito de Manejo Integrado (DRMI).

MAPEO COLECTIVO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL DRMI HUMEDAL SAN SILVESTRE. ZONA BAJA



CONSIDERACIONES

¿Qué tipo de servicios ecosistémicos reconoce dentro de la zona analizada del DRMI humedal San Silvestre?

¿Cuál es el estado y tendencia de los servicios ecosistémicos?

¿De cuáles servicios ecosistémicos dependen, directa e indirectamente?

¿Cuáles son los principales impulsores de cambio de los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos asociados?

¿Cuáles son las estrategias de conservación (formales o voluntarias) que regulan el acceso y uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del territorio?  
 ¿Qué tipo de estrategias articula para la protección del ecosistema DRMI humedal San Silvestre?

¿Cuáles son los incentivos, de mercado y de gobierno, que están determinando el acceso y uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del territorio?  
 ¿Cuáles de estos incentivos son reconocidos por los actores?

ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE UNA ESTRATEGIA DE PAGOS POR SERVICIOS AMBIENTALES PARA LA CONSERVACIÓN Y DEFENSA DEL ECOSISTEMA ESTRATÉGICO ZONA ALTA DRMI HUMEDAL SAN SILVESTRE, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURI, SANTANDER

Convenio Interadministrativo No 1641, celebrado entre la Gobernación de Santander y el Instituto Universitario de la Paz.

1:50.000  
 Fuentes:  
 Censos de información CAS, 2015  
 Imagen SENTINEL, DA I, LC



Anexo 2. Ficha de Identificación de los Servicios Ecosistémicos.

¿Qué tipo de servicio ecosistémico reconoce dentro de la zona analizada del DRMI humedal San Silvestre?

<p>Soporte</p> 	<p>Aprovisionamiento</p> 
<p>Regulación</p> 	<p>Culturales</p> 

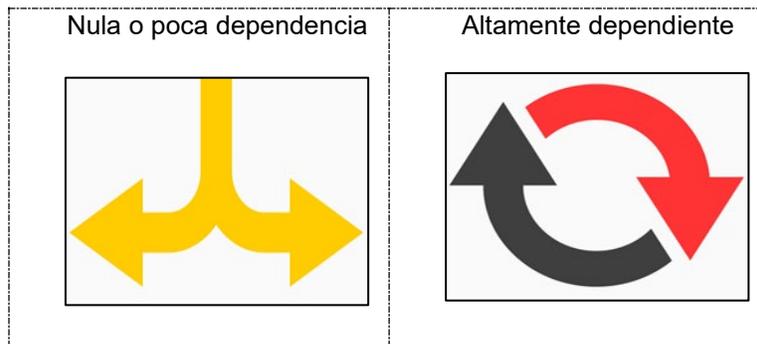
Consideraciones:

¿Cuál es el estado y tendencia de los servicios ecosistémicos?

	Excelente
	Regular
	Mala

Consideraciones:

¿De cuáles servicios ecosistémicos dependen, directa e indirectamente?



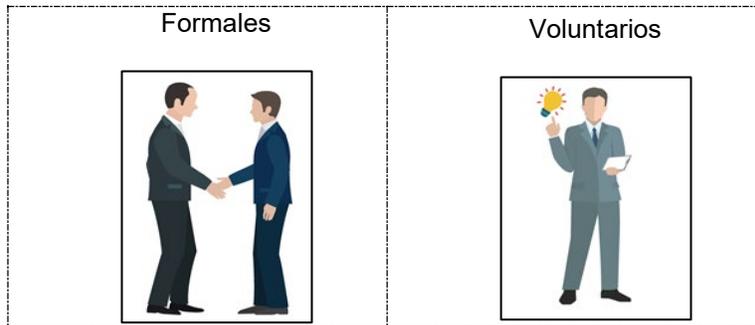
Consideraciones:

**¿Cuáles son los principales impulsores de cambio de los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos asociados?**



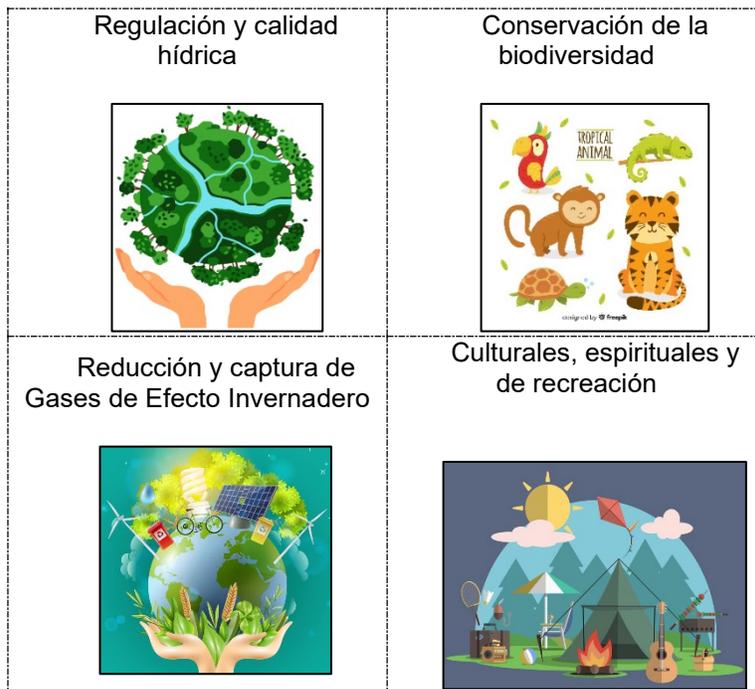
**Consideraciones:**

**¿Cuáles son las estrategias de conservación formales o voluntarias que regulan el acceso y uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del territorio? ¿Qué tipo de estrategias articula para la protección del ecosistema DRMI humedal San Silvestre?**



**Consideraciones:**

**¿Cuáles son los incentivos, de mercado y de gobierno, que están determinando el acceso y uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del territorio?, ¿cuáles de estos incentivos son reconocidos por los actores?**

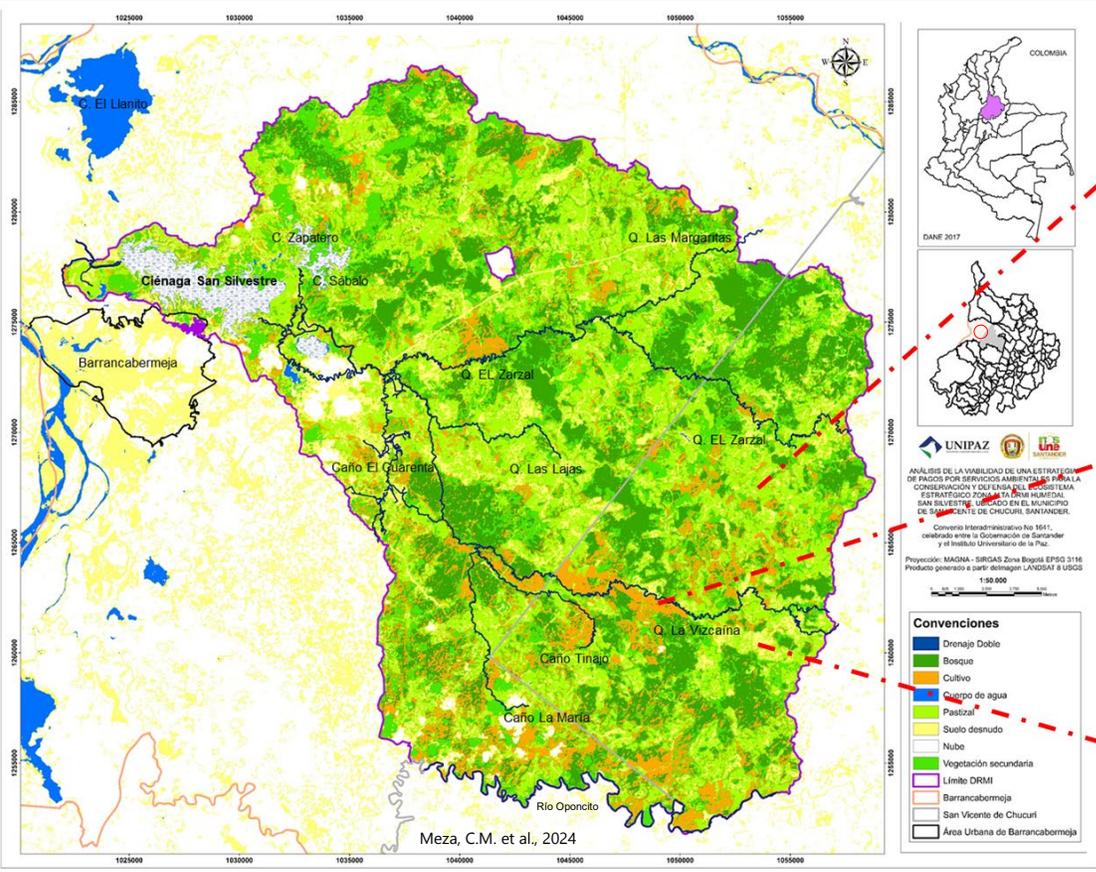


**Consideraciones:**

Anexo 3. Análisis de Actores e Interacción con los SE.

Actor	Planes	Motivaciones	Limitaciones	Medios de acción	Objetivos

Fuente: UNIPAZ, 2019.



Cultivo de palma



Suelos con procesos erosivos



**Proyecto: Análisis de la viabilidad de una estrategia de pagos por servicios ambientales para la conservación y defensa del ecosistema estratégico zona alta Distrito Integral de Manejo Integrado (DRMI) humedal San Silvestre, ubicado en el municipio de San Vicente de Chucurí, Santander. Convenio Interadministrativo No 1641-2019, celebrado entre la Gobernación de Santander y el Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ).**

Cita sugerida: Meza, C. M., Torres, K. C., Porras, O. O., Racero, I. L., Paredes, M. R., Corredor, F., & Aguilar, Y. (2024). Identificación y valoración de los servicios ecosistémicos en la zona alta del DRMI Humedal San Silvestre. Libro resultado de investigación. Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ). ISBN: 978-958-5542-86-0

**Se prohíbe la reproducción total o parcial de este libro sin la previa autorización por escrito del autor o del titular de los derechos. Cualquier uso no autorizado de su contenido será considerado una violación de los derechos de autor y podrá dar lugar a acciones legales.**