

**Estudio Piloto para la Aplicación de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) en la  
Microcuenca del Humedal “La Sartaneja”, Complejo de Páramos del Almorzadero,  
Santander, Colombia**

**Nancy Andrea Barajas Jurado, Sneydher Alexander Rangel Camacho**

**Trabajo de Grado para Optar al Título de  
Ingeniero Forestal**

**Director**

**Jorge Andrés Rodríguez Toro**

**Ingeniero Forestal, Ph.D.**

**Universidad Industrial de Santander**

**Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED**

**Programa de Ingeniería Forestal**

**Málaga**

**2017**

**Los amigos son las personas que nos acompañan durante los momentos más felices y tristes de nuestras vidas, los que nos conocen bien y los que nos dan su apoyo. Es por eso que perder a un amigo es una gran tristeza a la que es difícil reponerse...“Dedicado a la memoria de mi gran amiga y compañera Nancy Andrea Barajas Jurado”**

## Agradecimientos

Agradezco primero que todo a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad, por darme la fuerza y el coraje para hacer este sueño realidad y, por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres Graciela Camacho y Alexander Rangel por su apoyo incondicional en todo momento, los consejos y valores inculcados, a mi hijo Nicolás Rangel y mi familia en general que de una u otra manera han sido parte importante y necesaria en el cumplimiento de mis metas.

A mi gran amiga y compañera Nancy Andrea Barajas Jurado que ha sido parte fundamental en el desarrollo de este proyecto y que desde el cielo me ha seguido dando el valor necesario para sacar este propósito adelante, como también a su familia por el apoyo recibido durante todo este proceso.

Finalmente doy gracias a la Universidad Industrial de Santander (UIS) por haberme recibido para formarme, moldearme y prepararme para la vida, a sus directivos, docentes, compañeros y amigos que hicieron parte de mi formación como profesional, por sus enseñanzas, apoyo, acompañamiento y dedicación, y de manera muy especial al Ingeniero Forestal, Ph.D. Jorge Andrés Rodríguez Toro quien fue mi mentor y guía para poder cumplir con este objetivo.

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	12
1. Objetivos.....	17
1.1 Objetivo general .....	17
1.2 Objetivos específicos.....	17
2. Marco Conceptual.....	18
2.1 Servicios Ecosistémicos o Ambientales (SA) .....	18
2.2 Pagos por Servicios Ambientales PSA.....	21
3. Descripción general del área de estudio .....	24
3.1 Localización geográfica .....	24
3.2 Precipitación.....	26
3.3 Temperatura .....	27
3.4 Altura media.....	28
3.5 Zona de vida .....	28
3.6 Especies florísticas predominantes.....	29
4. Métodos .....	29
4.1 Situación actual .....	30
4.1.1 Red hídrica.....	30
4.1.2 Cobertura y uso actual del suelo.....	31

4.1.3 Análisis de los predios pertenecientes a la microcuenca .....	31
4.2 Determinación del servicio ambiental .....	32
4.3 Análisis económico .....	35
4.3.1 Costo de oportunidad.....	35
4.3.2 Disposición a aceptar (DAA) por el método de valoración contingente .....	36
5. Resultados.....	37
5.1 Situación actual .....	37
5.1.1 Red hídrica.....	37
5.1.2 Cobertura y uso actual del suelo.....	39
5.1.3 Análisis de los predios pertenecientes a la microcuenca .....	42
5.2 Determinación del servicio ambiental.....	45
5.3 Análisis económico .....	46
5.3.1 Costo de oportunidad.....	46
5.3.2 Disposición a aceptar (DAA) por el método de valoración contingente .....	48
6. Discusión .....	51
7. Conclusiones.....	52
8. Recomendaciones .....	53
Bibliografía .....	54
Apéndices.....	57

## Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Distribución del Área de la Microcuenca del Humedal la Sartaneja para Concepción y Carcasí.....	24
Tabla 2. Distribución del Área del Humedal la Sartaneja para Concepción y Carcasí. ....	24
Tabla 3. Estaciones Climatológicas Utilizadas para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja. ....	34
Tabla 4. Características Físicas de los Suelos Utilizadas en el SWAT para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja. ....	34
Tabla 5. Parámetros para Cada Orden que Presenta la Microcuenca del Humedal la Sartaneja por el Método de Horton. ....	39
Tabla 6. Cobertura Vegetal y Uso de Suelo de la Microcuenca del Humedal la Sartaneja. ....	41
Tabla 7. Predios Potenciales del Municipio de Carcasí a Participar en el Esquema de PSA para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja. ....	44
Tabla 8. Predios Potenciales del Municipio de Concepción a Participar en el Esquema de PSA para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja. ....	44
Tabla 9. Rangos de Áreas para los Predios a Participar en el PSA de la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.....	44
Tabla 10. Asignación de Código SWAT para las Coberturas del Suelo presentes en la Microcuenca del Humedal la Sartaneja. ....	45
Tabla 11. Escenario del Caudal Generado con y sin PSA para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.....	46
Tabla 12. Beneficio Económico Neto para una Hectárea de Cultivo de Papa. Productores de Papa de la Zona.....	47
Tabla 13. Calculo del Mínimo Número de Encuestas a Aplicar.....	48
Tabla 14. Razones por las Cuales Respondieron de Forma Afirmativa con Respecto a Participar en un Esquema de PSA. ....	50
Tabla 15. Razones por las Cuales Respondieron de Forma Negativa con Respecto a Participar en un Esquema de PSA.....	50

## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Categorías y Servicios Ambientales según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.....	19
Figura 2. Localización de la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.....	25
Figura 3. Distribución Cronológica de Precipitación para el Periodo entre 1980 y 2016, Estación Tabeta.....	26
Figura 4. Régimen de Precipitación Mensual para el Periodo entre 1980 y 2016, Estación Tabeta.....	27
Figura 5. Distribución Mensual Promedio de Temperatura para el Periodo entre 2007 y 2016, Estación el Volcán. ....	28
Figura 6. Modelo de Elevación Digital DEM para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja. ...	33
Figura 7. Red Hídrica y Principales Nacimientos para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.....	38
Figura 8. Clasificación del Orden para la Red Hídrica de la Microcuenca del Humedal la Sartaneja por el Método de Horton.....	39
Figura 9. Imagen Satelital Sentinel 2 con Transformación IHS para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.....	40
Figura 10. Cobertura Vegetal y Uso de Suelo de la Microcuenca del Humedal la Sartaneja. ....	42
Figura 11. Predios a Participar en el Esquema PSA para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.....	43
Figura 12 .Confiability del modelo estadístico con Tin-R. ....	49
Figura 13. Propietarios Dispuestos a Participar en un Esquema de Pago por Servicio Ambiental.....	49
Figura 14. Rangos de Disposiciones a Aceptar por los Propietarios de la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.....	51

## RESUMEN

**TÍTULO:** ESTUDIO PILOTO PARA LA APLICACIÓN DE PAGOS POR SERVICIOS AMBIENTALES (PSA) EN LA MICROCUENCA DEL HUMEDAL “LA SARTANEJA”, COMPLEJO DE PÁRAMOS DEL ALMORZADERO, SANTANDER, COLOMBIA\*.

**AUTORES:** NANCY ANDREA BARAJAS JURADO  
SNEYDHER ALEXANDER RANGEL CAMACHO\*\*

**PALABRAS CLAVE:** PAGOS POR SERVICIOS AMBIENTALES, SERVICIOS ECOSISTÉMICOS, PÁRAMO, HUMEDAL LA SARTANEJA, BOSQUE MUY HÚMEDO MONTANO, LEY 1753 DEL 2015.

### DESCRIPCIÓN:

Los servicios ambientales son los componentes ecosistémicos utilizados (activa o pasivamente) para producir bienestar humano, entre los más representativos se encuentran la producción de alimentos, control de erosión, suministro de agua, belleza paisajística, entre otros. El ecosistema de páramo además de brindar varios de estos servicios, se destacan en la capacidad de retener y regular el agua y la captura de carbono realizada por el material vegetal, de ahí la importancia en preservar y cuidar estos ambientes, es por este motivo que la ley 1753 del 2015, y específicamente en el artículo 173, prohíbe dentro de otras cosas: “las actividades agropecuarias en ecosistemas de páramo”. Por lo anterior, existe una gran controversia frente a la problemática por la que atraviesan los dueños de los predios aledaños a estos ecosistemas, ya que su fuente de economía depende directamente de las actividades agropecuarias. Una alternativa para los potenciales afectados es el Pago por Servicio Ambiental, esta consiste en transferir un pago de quienes se benefician por el servicio ambiental a quienes lo cuidan y preservan. Por consiguiente este proyecto expone elementos que aportarían a la hora de implementar el esquema PSA y para ello se describió la situación actual del ecosistema, determinando el servicio ambiental asociado al recurso hídrico en términos cuantificables, además de realizar un análisis económico a los propietarios de los predios adyacentes. Como consecuencia se identificó que el 8.83% de la microcuenca está destinada actualmente para actividades agropecuarias, y al proponer el cambio por restauración podría aumentar el caudal en un 16.42 m<sup>3</sup>/día, asimismo la disposición de aceptar al momento de cambiar su actividad se encuentra entre los valores mayores iguales a \$200,000 y menores de \$300,000 mensuales por hectárea, valores que son elevados en comparación al costo de oportunidad que gira entorno a los \$65,833.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal.  
Director: Jorge Andrés Rodríguez Toro, Ing. Forestal Ph.D.

## ABSTRACT

**TITLE:** PILOT STUDY FOR THE APPLICATION OF PAYMENTS FOR ENVIRONMENTAL SERVICES (PSE) IN THE "SARTANEJA" WETLAND MICRO-BASIN, ALMORZADERO PEATLAND COMPLEX, SANTANDER, COLOMBIA\*.

**AUTHORS:** NANCY ANDREA BARAJAS JURADO  
SNEYDHER ALEXANDER RANGEL CAMACHO\*\*

**KEYWORDS:** PAYMENTS FOR ENVIRONMENTAL SERVICES, ECOSYSTEM SERVICES, PEATLAND, WETLAND THE SARTANEJA, VERY HUMID MONTANE FOREST, LAW 1753 OF 2015.

### DESCRIPTION:

The environmental services are the ecosystem components used (actively or passively) to produce human welfare, among the most representative are food production, erosion control, water supply, landscape beauty, among others. The peatland ecosystem in addition to providing several of these services, stand out in the capacity to retain and regulate the water and the carbon capture realized by the plant material, hence the importance in preserving and caring for these environments, it is for this reason that Law 1753 of 2015, and specifically in article 173, prohibits in other things: "agricultural activities in peatland ecosystems". Due to the above, there is a great controversy in the face of the problem that the owners of the farms bordering these ecosystems are experiencing, since their source of economy depends directly on the agricultural activities. An alternative for affected potential is the Payment for Environmental Service, this consists of transferring a payment from those who benefit from the environmental service to those who care for and preserve it. Therefore, this project presents elements that would contribute to the implementation of the PSA scheme and for this the current situation of the ecosystem was described, determining the environmental service associated to the water resource in quantifiable terms, besides carrying out an economic analysis to the owners of the Adjacent buildings. As a consequence, it was identified that 8.83% of the micro-watershed is currently destined for agricultural activities, and when proposing the change for restoration could increase the flow by 16.42 m<sup>3</sup>/day, likewise the willingness to accept when changing its activity is between The values greater than \$200,000 and less than \$300,000 per hectare, values that are high compared to the opportunity cost that revolves around \$65,833.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal.  
Director: Jorge Andrés Rodríguez Toro, Ing. Forestal Ph.D.

## Introducción

Los servicios ambientales o ecosistémicos (SA) son todos los componentes de los ecosistemas que se utilizan (activa o pasivamente) para producir un bienestar humano (Fisher, Turner y Morling, 2009), entre los cuales se destacan los alimentos, la madera, los medicamentos, purificación de agua, control de la erosión, regulación climática, belleza paisajística, turismo, entre otros (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005).

Uno de los ecosistemas que se le está prestando atención en los últimos tiempos es el de páramo, ya que además de presentar varios de los SA antes mencionados, se evidencian dos que benefician a la población directa e indirectamente, siendo la continua provisión de agua en cantidad y calidad, y el almacenamiento de carbono atmosférico, ayudando a controlar el calentamiento global, los cuales están dados a partir de un elemento subvalorado como lo es el suelo (Hofstede y Mena, 2000).

En los páramos el suelo más evidente es el de origen volcánico (andosol), el cual es de color negro debido al alto contenido de materia orgánica, que por las bajas temperaturas no se descompone rápidamente, además el aluminio que se presenta de la ceniza volcánica al combinarse con la materia orgánica forman vesículas, las cuales absorben agua y la retienen por un periodo relativamente largo, soltándola lenta y constantemente (Hofstede y Mena, 2000). De esta manera, los ecosistemas de páramos no son productores de agua, sino que tienen la capacidad de retenerla y regularla, por ello dan lugar a que la mayoría de fuentes de agua potable que comprenden la compleja red hidrológica nacional e internacional, se genere a partir de estos sistemas fluviales altoandinos.

Por medio del proceso mencionado de retención de materia orgánica, los suelos de páramo son importantes almacenes de carbono, pues aunque la masa vegetal del páramo comparada con los ecosistemas boscosos más bajos no es muy considerable, presenta relevancia gracias a sus suelos porque tienen elevada concentración de materia orgánica y son muy profundos (Hofstede y Mena, 2000), que según De Bièvre (como se citó en Rojas, 2013) pueden alcanzar hasta un metro de profundidad; gracias a esto, la cantidad de carbono almacenada por hectárea de páramo puede superar a la de la selva tropical (Hofstede y Mena, 2000).

La agricultura y la ganadería son las principales causas de degradación de los ecosistemas de páramo provocando cambios en el comportamiento de los servicios ambientales, siendo actividades que se desarrollaron en los páramos hace por lo menos 3.000 años A.P. (Hofstede, 2000) y se han acelerado en los últimos 50 años, generando importantes cambios en el uso del suelo paramuno (Asociación Campesina Sartaneja, 2016; Rojas, 2013). Al implementar el cultivo de papa, se remueven los frailejones y pequeños arbustos para preparar la tierra mediante formas artesanales, sin embargo Van Der Hammen (como se citó en Rojas, 2013) afirma que otros cultivadores han venido utilizando maquinaria pesada como el tractor para retirar la vegetación de páramo. Además, otros problemas asociados al cultivo de papa en el ecosistema es el uso y aplicación de agroquímicos para el control de plagas y fertilizantes que ayudan a un mejor rendimiento en su producción, generando una marcada incidencia ambiental en las propiedades edafológicas del suelo y, alteraciones en sus aguas superficiales y subterráneas (Corporación Autónoma Regional de Santander [CAS], 2010).

Por otra parte Van Der Hammen (como se citó en Rojas, 2013), afirma que en la ganadería se implementan quemas para impedir el crecimiento de la vegetación nativa, dando prioridad a la introducción de los pastos para el consumo de los animales, sin tener en cuenta que las plantas nativas no están preparadas para resistir la presencia de herbívoros como vacas. En cuanto a la regulación hídrica, se evidencia una alteración en su comportamiento generado por el aumento de las zonas del suelo desprovistas de vegetación y por su compactación dada por el pisoteo del ganado. Además en el caso del humedal de la Sartaneja y sus aguas subterráneas, se ven afectados en su cantidad y calidad (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2007) fundamentalmente porque la orina de los animales aumentan los niveles de nitrógeno en su cuerpo hídrico y el suelo que lo rodea (Rojas, 2013).

Debido a la problemática asociada a la alteración de los servicios ecosistémicos generados por el páramo por el uso de suelo inapropiado, se crea la ley 1753 del año 2015, que específicamente en el artículo 173 además de otras consideraciones, prohíbe las actividades con fines agropecuarios en las zonas delimitadas como ecosistemas de páramo, ayudando a reducir la incidencia provocada por las comunidades de dichas áreas.

Sin embargo, aunque la ley 1753 del 2015 presenta una relevancia por preservar los servicios ambientales antes mencionados, se genera un problemática que involucra a los propietarios de las zonas como principales afectados, ya que muchos de ellos trabajan la tierra con cultivos de papa y ganadería con la finalidad de producir su alimento y generar ingresos económicos que cubran con los gastos básicos de su familia, de esta manera se ven afectados sus derechos puesto que sus fincas

o lotes quedaron imposibilitados de realizar algún tipo de actividad, provocando un inseguridad e incertidumbre sobre el campesino.

Una alternativa para solucionar la problemática que genera la ley sobre los campesinos que habitan el ecosistema es el pago por servicio ambientales (PSA), siendo una clase de incentivo económico cuyo mecanismo gira en torno a un típico mercado (oferta/demanda), el cual consiste en transferir un pago de quienes se benefician por un SA a quienes los generan o cuidan, que según la Conservación de la Naturaleza citado por Rojas (2013), hace referencia básicamente a los propietarios de la tierra donde se producen los SA, estimulando un pago para que las actividades que se venían fomentando sean reemplazadas por conservación de las áreas y así se tenga una liberación de hectáreas de presión agrícola y ganadera sin afectar la calidad de vida de las personas.

De esta manera el esquema de PSA brinda opción para la comunidad que se encuentra al interior que se encuentra directamente afectada por encontrarse dentro de los límites del área y que hacen uso económico de las condiciones que le provee el sitio (cultivos agrícolas y proyectos agropecuarios), brindando un aporte económico que subsidie parte de los ingresos que deja de percibir por las prácticas de agricultura y ganadería, permitiendo así un trabajo estable y de sostenimiento sin afectar el ecosistema, sino por el contrario ayudando a su recuperación y conservación. En algunos casos los pagos buscan que los usuarios del terreno adopten prácticas de uso sostenible que garanticen la provisión de un servicio en particular y el no pago o incentivo del servicio ambiental (SA) genera desinterés en el cuidado y conservación de la zona, por lo tanto el propietario se ve obligado a buscar una actividad que sea rentable y que asegure un ingreso económico (Wunder, 2006).

El siguiente trabajo muestra un estudio piloto para la microcuenca a la que pertenece el humedal la Sartaneja por encontrarse dentro de un ecosistema de páramo, con el propósito de realizar un primer acercamiento evaluando los elementos que se tienen en cuenta para un esquema de pago por servicio ambientales y que se genere un interés por implementarlo.

## 1. Objetivos

### 1.1 Objetivo general

Evaluar un estudio piloto para la aplicación de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) en la microcuena del humedal “La Sartaneja”, Complejo de Páramos del Almorzadero, Santander, Colombia.

### 1.2 Objetivos específicos

- Describir el estado actual de la microcuena del humedal la Sartaneja.
- Definir en términos cuantificables el servicio ambiental del recurso hídrico para la microcuena del humedal la Sartaneja.
- Realizar un análisis económico para los propietarios que están situados dentro de la microcuena del humedal la Sartaneja.

## 2. Marco Conceptual

### 2.1 Servicios Ecosistémicos o Ambientales (SA)

Los servicios ambientales o ecosistémicos han sido definidos por diferentes autores a lo largo del tiempo (Rojas, 2013), de manera que uno de ellos fue Daily (1997), donde afirma que son procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que lo conforman sostienen y nutren a la vida humana, posteriormente la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) los define como los beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas, Fisher *et al.* (2009) por su parte se refiere a ellos como todos los componentes de los ecosistemas que se utilizan (activa o pasivamente) para producir un bienestar humano, finalmente Rodas y Godínez (2011) exponen que los servicios ambientales se asemejan a un “trabajo voluntario” que la naturaleza realiza y que favorece al hombre y al funcionamiento del planeta como un todo.

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005), realizó una caracterización de los SA basados en unas categorías, clasificando los diferentes tipos (Figura 1).



Figura 1. Categorías y Servicios Ambientales según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.

Nota: Adaptado de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005). Los ecosistemas y el bienestar humano: Humedales y Agua. Informe de Síntesis. Washington, DC.: World Resources Institute.

El humedal la Sartaneja basado en los principios y criterios para la delimitación de humedales naturales en Colombia (Vilardy *et al.*, 2014) y por presentar características como ser un cuerpo de agua permanente que se presenta por encima de los 2500 m.s.n.m. alimentándose de agua de origen glaciar, freático y de precipitación, se clasifica como una laguna de alta montaña. De ésta manera, al estar ubicado en el Complejo de Páramos del Almorzadero se evidencian en gran medida dos servicios ambientales fundamentales que benefician a la población directa e indirectamente: la continua provisión de agua en cantidad y calidad, y el almacenamiento de carbono atmosférico, ayudando a controlar el calentamiento global. Estos servicios tienen que ver con el comportamiento de un elemento subvalorado como lo es el suelo (Hofstede y Mena, 2000).

Además el humedal la Sartaneja no sólo manifiesta su importancia por encontrarse en zona de páramo, sino que también es independiente en los servicios que puede generar gracias al microclima que contiene, además al estar ubicado cerca a los municipios adquiere mayor importancia debido a que las funciones y mecanismos naturales de estos ecosistemas, deben ser entendidos como servicios ambientales que benefician de una forma u otra a la población adyacente (Bolund y Hunhammar, 1999).

Los humedales se encuentran entre las zonas más productivas del mundo, al ser cunas de diversidad biológica que proveen el agua y la productividad primaria, de la cual gran cantidad de especies (plantas y animales) dependen para su supervivencia (Lambert, 2003). Sin embargo, la regulación hídrica no es el único servicio que puede producir éste ecosistema, pues los humedales cumplen un sin número de funciones generales entre las que se destacan la regulación del clima, la protección de cuencas, recarga y descarga de acuíferos, protección contra la erosión y control de sedimentos, fijación de energía solar, producción de biomasa, fijación de carbono, conversión de energía, control biológico, hábitat específico para especies restringidas, amenazadas y migratorias, mantenimiento de la diversidad biológica, recreación, turismo y protección de la naturaleza (Ramsar, 1971). Esto dado gracias a la interacción de los componentes físicos, químicos y biológicos del humedal como el suelo, agua, plantas y animales, permitiendo desempeñar muchas funciones vitales (Lambert, 2003), pues a partir de las funciones ecológicas de los humedales se proporcionan beneficios tanto a la propia naturaleza como a la sociedad humana de la cual se constituye la base de la cadena trófica que sostiene a los organismos vivos (Smith y Romero, 2009).

Un caso especial sucede en el humedal la Sartaneja, a manera que dentro de él se encuentra gran cantidad de material vegetal y por lo tanto mayor materia orgánica, catalogándose como un humedal de turbera (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2016), reconocidos en todo el mundo como un recurso económico y ecológico fundamental, ya que a pesar de que hace poco se les ha prestado atención por las entidades internacionales dedicadas a la conservación, las turberas se han identificado internacionalmente como uno de los mayores almacenadores de carbono del mundo, pudiendo superar incluso al de los bosques; de esta manera la Convención de RAMSAR busca conseguir el reconocimiento de los humedales por su importancia tanto para el mantenimiento de la biodiversidad mundial, como para el almacenamiento de agua y carbono, promoviendo así su conservación y uso racional para el beneficio de los seres humanos y del medio ambiente (CAS, 2010).

## **2.2 Pagos por Servicios Ambientales PSA**

Los esquemas de Pago por Servicios Ambientales PSA son una clase de incentivo económico cuyo mecanismo gira en torno a un típico mercado (oferta Vs. demanda), en el cual los propietarios y poseedores regulares de predios donde se encuentran ubicados los ecosistemas naturales que suministran este tipo de servicios, reciben voluntariamente y en forma periódica un reconocimiento (dinero, especie, mixto) por parte de algunos usuarios finales, en razón al beneficio individual o colectivo que les causa contar con su permanente provisión (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012), de manera que como cualquier otro tipo de mercado, el servicio que quiere ser adquirido por un comprador es vendido de manera concertada por la persona que facilita su abastecimiento.

Por otra parte, de acuerdo con Wunder (2006) los PSA no han sido definidos explícitamente, pero en su consideración un PSA propiamente dicho debe tener en cuenta los siguientes criterios: (1) Que sea un acuerdo voluntario, (2) donde se presenten uno o más servicios ambientales bien definidos, (3) es adquirido por al menos un comprador de servicio ambiental, (4) a por lo menos un proveedor de servicio ambiental, (5) sólo si el proveedor asegura la provisión de éste de manera continua, siendo su condicionamiento. Sin embargo, con respecto a la experiencia Colombiana, existe gran variedad de esquemas en diseño y en operación con el mismo propósito general de un PSA, pero hasta ahora la mayoría de ellos no cumplen con la totalidad de los criterios antes mencionados, pues solo la iniciativa Chaina cumple con el conjunto de ellos, siendo una experiencia local de carácter privado, impulsada por los habitantes del municipio de Villa de Leyva y apoyada inicialmente por el Instituto Alexander von Humboldt y recientemente por el Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). Su fase de implementación inició en agosto del 2005, en el marco de ordenación y manejo ambiental de la microcuenca Cane-Iguaque en Boyacá, con pagos realizados desde abril del 2007 a las familias propietarias de la microcuenca (Borda, Moreno y Wunder, 2010).

Los esquemas de pagos por servicios ambientales pueden clasificarse de acuerdo a sus fuentes financieras como públicos, privados o mixtos. En los esquemas públicos el estado actúa en defensa de los compradores de servicios ambientales mediante el cobro de impuesto y pagando a los proveedores. En los esquemas privados se enfocan en las necesidades locales y los compradores pagan directamente, normalmente requieren el apoyo y la intermediación de agentes externos como las Organizaciones no Gubernamentales (ONGs) que actúan como catalizadores de los procesos, proveedores de información, y en algunos casos como puentes para la consecución y administración del financiamiento. El esquema mixto es uno de los más usados al poder trabajar

conjuntamente con más actores tanto de los esquemas públicos como de los privados. (Wunder, 2006).

Para Colombia en la actualidad existen dos decretos de abalan los esquemas de pagos por servicios ambientales, los cuales son el decreto 953 del 17 de mayo de 2013 y el decreto 870 del 25 de mayo de 2017, basándose en priorizar las áreas de importancia estratégica que surten de agua a las cabeceras municipales o zonas rurales.

Por otra parte también existe el esquema Banco2, que se fundamenta en la protección del medio ambiente, por medio de incentivos económicas para familias vinculadas a proveer los servicios ambientales, de la cual su financiamiento puede ser tanto de entidades, empresas o personas naturales siendo una esquema de carácter mixto.

Estas opciones pueden ser prioridad para poder basarse en su posible financiamiento, sin embargo para poder determinar de una manera formal quiénes serían las posibles fuentes financieras, el ecosistema primero debe estar catalogado como área de importancia estratégica por las Autoridades Ambientales correspondientes como los Parque Nacionales Naturales de Colombia, las Corporaciones Autónomas Regionales y Administraciones Municipales, haciendo un seguimiento formal y concreto (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012), sirviendo como intercesores para llevar un ecosistema desde el reconocimiento hasta encontrar sus posibles fuentes financieras con su respectivo contrato legal, condicionando el servicio por un periodo pactado, además existen otros actores que pueden involucrarse como el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ONGs, empresas privadas nacionales e internacionales, ayudando a brindar opciones y manejos para un pago por servicio ambiental establecido.

### 3. Descripción general del área de estudio

#### 3.1 Localización geográfica

La microcuenca del humedal la Sartaneja se encuentra ubicado en el extremo suroriental del Complejo de Páramos del Almorzadero, Santander; en las coordenadas geográficas 1163917-N y 1235638-E (Sistema de Referencia MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogotá), con altitudes entre los 3336 y 3965 m.s.n.m. (Figura 2). Posee un área aproximada de 2646.83 ha, comprendiendo los municipios de Carcasí y Concepción con 1554.09 ha (58.72%) y 1092.74 ha (41.28%), respectivamente (Tabla 1).

*Tabla 1. Distribución del Área de la Microcuenca del Humedal la Sartaneja para Concepción y Carcasí.*

	Área (ha)	Área %
<b>Carcasí</b>	1554.09	58.72
<b>Concepción</b>	1092.74	41.28
<b>Total</b>	2646.83	100.00

El humedal la Sartaneja se encuentra dividido entre estos dos municipios, de manera que Carcasí presenta un área de 92.37 ha (58.70%) y Concepción 64.99 ha (41.30%), dando como resultado un área total de 157.36 ha para ésta turbera (Tabla 2).

*Tabla 2. Distribución del Área del Humedal la Sartaneja para Concepción y Carcasí.*

	Área (ha)	Área %
<b>Carcasí</b>	92.37	58.70
<b>Concepción</b>	64.99	41.30
<b>Total</b>	157.36	100.00

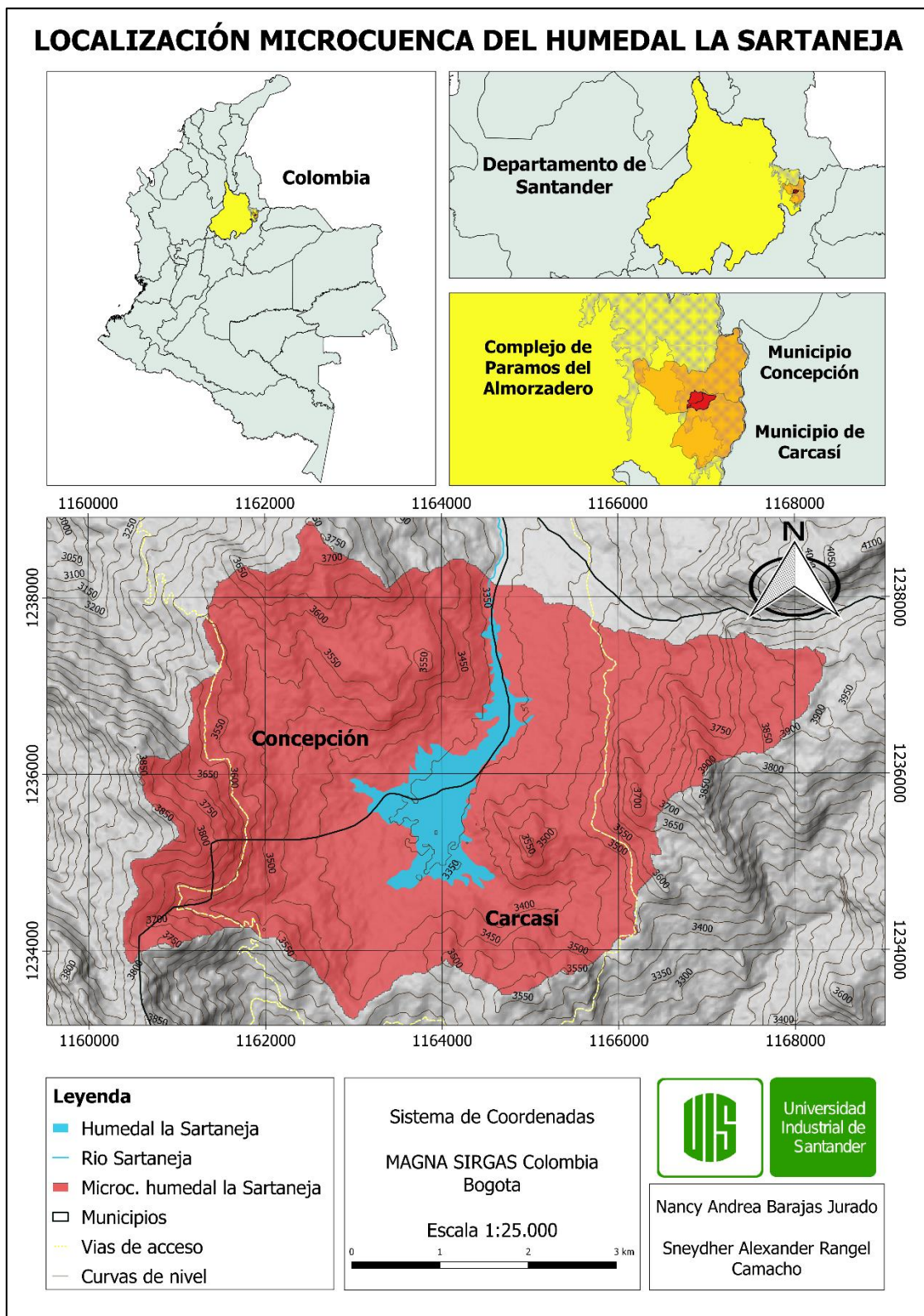
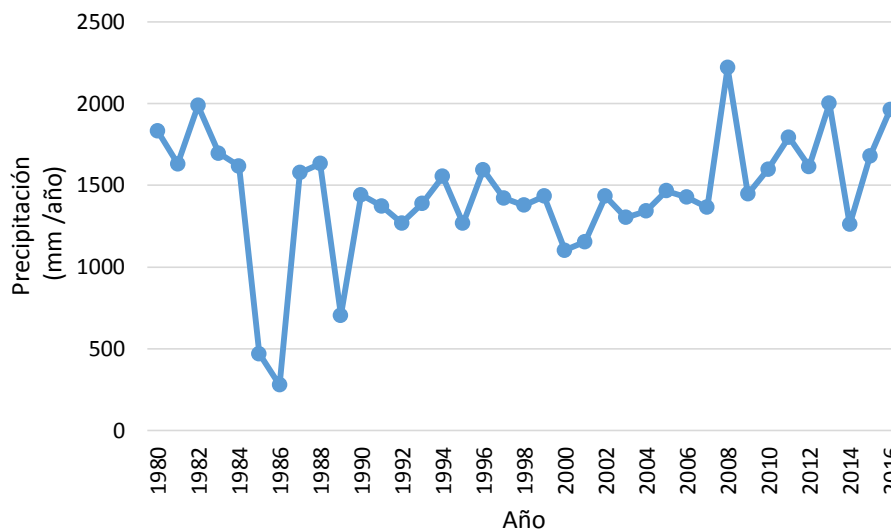


Figura 2. Localización de la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.

### 3.2 Precipitación

La precipitación para la zona generada a partir de los datos de la estación pluviométrica de Tabeta entre los años 1980 y 2016, muestran un pico máximo en el año 2008 con 2219 mm y el año 1986 con el valor más bajo con 270 mm, dando una precipitación promedio de 1451.5 mm anuales para la microcuenca (Figura 3).



*Figura 3. Distribución Cronológica de Precipitación para el Periodo entre 1980 y 2016, Estación Tabeta.*

Con respecto al régimen anual (Figura 4), el área presenta una distribución monomodal con una temporada lluviosa desde mayo a octubre, y una temporada más seca con registros de precipitación menores entre los meses de noviembre y abril.

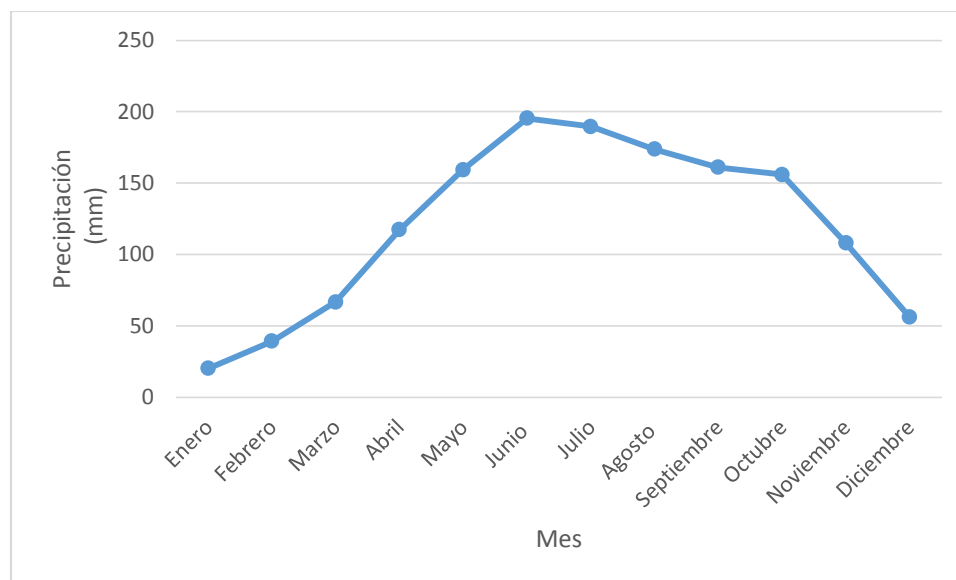
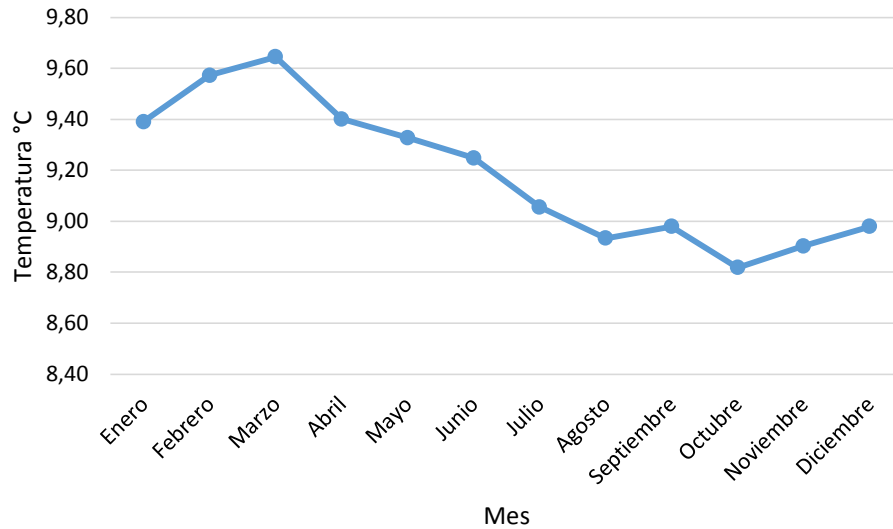


Figura 4. Régimen de Precipitación Mensual para el Periodo entre 1980 y 2016, Estación Tabeta.

### 3.3 Temperatura

Las máximas temperaturas para el área corresponden a los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio que oscilan entre 9.25 y 9.64°C, y las mínimas temperaturas para los meses de julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre con valores entre los 8.82 y 9.06°C, siendo la temperatura media anual de 9.19 °C (Figura 5).



*Figura 5. Distribución Mensual Promedio de Temperatura para el Periodo entre 2007 y 2016, Estación el Volcán.*

### 3.4 Altura media

En base al área comprendida entre los rangos altitudinales dados cada 50 m, y teniendo en cuenta la fórmula del método de área-elevación (Londoño, 2001), muestra que la altura media para la microcuenca hidrográfica del humedal la Sartaneja es de 3510 m.s.n.m., con una cota mínima de 3336 msnm y una máxima de 3965 msnm.

### 3.5 Zona de vida

La zona de vida en la que se clasifica la microcuenca de acuerdo a Holdridge (1947), hace referencia a un Bosque muy Húmedo Montano (bmh-M), por presentar una altitud entre los 3336 y 3965 msnm (Altitud media de 3510 msnm), una temperatura media anual 9.19 °C y una precipitación total anual de 1451.5 mm.

### 3.6 Especies florísticas predominantes

Con respecto a las especies florísticas que habitan el área de influencia, se evidencian las distintas franjas entre las que se encuentran hierbas, rosetas acaules, rosetas caulescentes, bejucos y arbustos (Parra y Marín, 2015), de las cuales se distribuyen tanto en la vegetación de páramo y subpáramo como en el humedal, de manera que las especies que predominan son las pertenecientes a la familia de las ASTERACEAS, como las distintas especies de Frailejones, la chilca, el romerillo, el panque, el romero de páramo, la árnica y otras especies las cuales no poseen un nombre común propiamente establecido (CAS, 2010).

De acuerdo con la composición florística que comprende la microcuenca, las especies endémicas para Colombia son *Espeletia grandiflora*, *Espeletia killipii*, *Espeletiopsis corymbosa*, *Baccharis revoluta*, *Diplostephium revolutum*, *Berberis goudotii*, *Greigia stenolepis*, *Valeriana arbórea*, *Pernettya hirta*, *Halenia adpressa*, *Hypericum myricariifolium*, *Epidendrum erosum*, *Paspalum hirtum* y *Galium ascendens* (Parra y Marín, 2015; Pedraza, Betancur y Franco, 2004). Además las especies que presentan un grado de amenaza, son las siguientes: LC (Preocupación menor) para las especies *Espeletia grandiflora* y *Espeletiopsis corymbosa*; NT (Casi amenazada) la especie *Greigia stenolepis*; y VU (Vulnerable) para la especie *Puya Clava* (Parra y Marín, 2015).

## 4. Métodos

Los esquemas de pagos por servicio ambiental no tienen una metodología propiamente establecida, debido a que cada esquema en diseño o en ejecución tiene gran variedad de instrumentos y variables independientes (Wunder, 2006), sin embargo, para la realización de este trabajo se

tuvieron en cuenta algunos parámetros dados por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012), además de otros autores con experiencia en este tema como Borda *et al.* (2010), sirviendo como procesos preliminares y bases para evaluar los elementos de un PSA con el fin de generar un primer acercamiento en las siguientes fases:

#### **4.1 Situación actual**

**4.1.1 Red hídrica.** La descripción inició por la red hídrica que conforma la microcuenca, determinando los principales afluentes que nutren de agua al humedal y río Sartaneja. En este contexto se especificaron sus nacimientos y la superficie total de drenaje teniendo en cuenta la información del modelo de elevación digital (DEM), los sistemas de información geográficas (SIG) y visitas a campo.

Para identificar la red hídrica comprendida por la microcuenca, se basó en el sistema de información ArcGis y el complemento ArcSwat (Mencionado más adelante), determinando los cauces que forma la microcuenca a partir de la topografía que presenta el DEM y posteriormente se realizaron visitas a campo identificándolas con su nombre, gracias a información suministrada por los habitantes del área y los Esquemas de Ordenamiento Territorial para los municipios de Carcasí y Concepción (Administración Municipal Carcasí, 2002; Administración Municipal Concepción, 2002).

Luego de definir la red hídrica comprendida por la microcuenca se realizó la clasificación de orden para los cauces por el método Horton (1945), la cual se basa en la numeración y conteo de las corrientes de agua. De esta manera un cauce de primer orden es aquel que no tiene ningún tributario, un cauce de segundo orden es uno que posee la unión dos corrientes de primer orden,

un cauce de tercer orden es el que posee solamente ramificaciones de primero y segundo orden, y se genera a partir de la unión de dos cauces de segundo orden. En general, dos corrientes del mismo orden, dan lugar a una corriente de orden inmediatamente superior (Londoño, 2001).

**4.1.2 Cobertura y uso actual del suelo.** La clasificación de cobertura y uso actual se realizó a partir de los SIG y el conjunto de bandas para la imagen satelital Sentinel 2 del año 2016 por ser la que mejor resolución y mayor información presentaba, de la cual se creó la imagen en falso color con resolución de 20 metros con composición de bandas 8-11-4 equivalentes a las 4-5-3 de Landsat para vegetación de páramo (Infrarrojo cercano, infrarrojo medio de corta onda SWIR y rojo), por consiguiente fue combinada con la imagen pancromática al sumar las bandas 2, 3 y 4 y divididas por su cantidad (3) con una resolución de 10 metros, dando como resultado una imagen multiespectral con resolución de 10 metros. Lo anteriormente mencionado hace referencia a la transformación basada en la intensidad, tono y saturación (IHS Intensity, hue y saturation) (A. Parra, 2009).

Al tener la imagen satelital multiespectral con resolución de 10 metros, se identificaron las distintas tonalidades de colores y se clasificaron de acuerdo a la metodología Corine Land Cover ( Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2010) y verificación en campo, haciendo énfasis en los tipos de vegetación encontrados y el área comprendida por cada uno de ellos.

**4.1.3 Análisis de los predios pertenecientes a la microcuena.** Para la selección de los predios potenciales del incentivo y que serían los encargados de proveer el servicio ambiental (Recurso hídrico), se tuvo en cuenta un análisis espacial superponiendo el área comprendida por la microcuena del humedal la Sartaneja sobre el mapa catastral ofrecido por el Instituto

Geográfico Agustín Codazzi (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2016), identificando los predios que entrarían a participar en el esquema de PSA por encontrarse dentro de la divisoria de aguas, siendo necesaria su incorporación al esquema de pago por servicio ambiental. A partir de la relación del área de la microcuenca y del mapa catastral, se evidenciaron los predios para dicho incentivo por un uso del suelo que permita la conservación o recuperación del ecosistema natural y en consecuencia la provisión y/o mejoramiento de los servicios ambientales asociados al recurso hídrico pertenecientes el área efectiva del humedal la Sartaneja.

#### **4.2 Determinación del servicio ambiental**

Se realizó una modelación hidrológica a partir del programa SWAT (Soil & Water Assessment Tool), diseñado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en conjunto con la Universidad de Texas (Arnold *et al.*, 2012), llamado ArcSwat por ser un complemento trabajado con el sistema de información geográfica ArcGis, siendo el más utilizado para los esquemas de PSA, ya que permite simular en cuencas hidrográficas el efecto que tienen diferentes usos del suelo y prácticas agropecuarias sobre los flujos de agua, permitiendo hacer una comparación del uso actual con el cambio de esas áreas para conservación, y así determinar la adicionalidad antes mencionada y afirmando su necesidad de implementar un PSA o no.

Para determinar el comportamiento del caudal del río Sartaneja, se realizaron dos escenarios de modelaciones hidrológicas a partir de ArcSwat, el primero se enfatizó en la cobertura y uso actual del suelo que alberga la microcuenca (Sin PSA) y el segundo fue a partir de la cobertura vegetal propuesta para un nuevo uso de suelo (Con PSA) con el fin de mejorar el servicio ambiental asociado al recurso hídrico.

Además de utilizar la clasificación vegetal y uso actual, y la clasificación vegetal que se propone, fue necesario utilizar para los dos escenarios el modelo de elevación digital (DEM) con resolución de 15 metros (Figura 6), las estaciones climatológicas más cercanas para la zona de influencia con información de precipitación diaria entre los años de 2010 y 2016 (Tabla 3), y la información que alberga el tipo de suelo de la zona, siendo éste último tomado de Uribe y Valencia (2010) debido a que el área está limitada de información acerca de sus características físicas (Tabla 4).

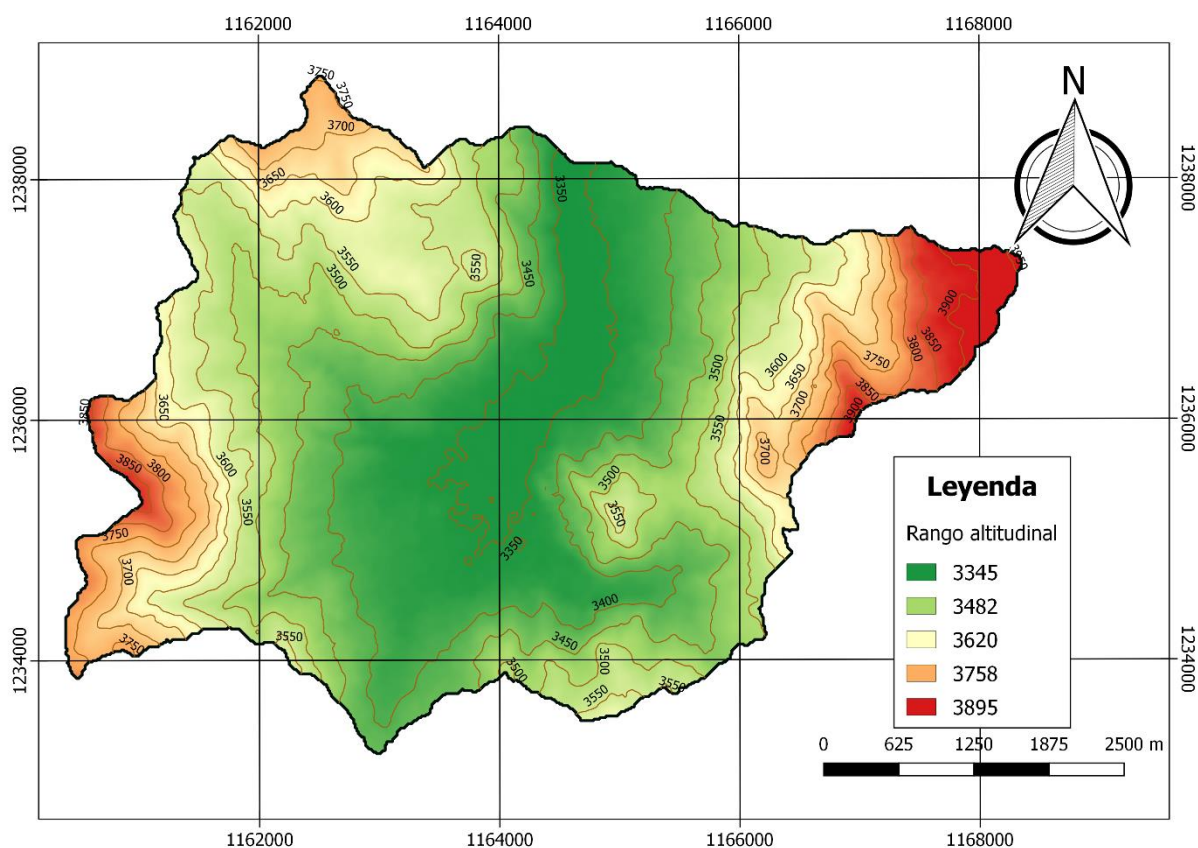


Figura 6. Modelo de Elevación Digital DEM para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.

*Tabla 3. Estaciones Climatológicas Utilizadas para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.*

Estación	Código	Municipio	Categoría	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m.)
Carcasí	24030320	Carcasí	Pluviométrica	6.6275	-72.63	2024
Cerrito	24030210	Cerrito	Pluviométrica	6.836111	-72.697222	2440
Presidente	37010040	Chitaga	Pluviométrica	7.013889	-72.680833	3320
Tabeta	37010050	Concepción	Pluviométrica	6.810278	-72.55611	3168

Nota: Tomado del Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. Estaciones climatológicas para la República de Colombia. <http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>.

*Tabla 4. Características Físicas de los Suelos Utilizadas en el SWAT para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.*

SNAM	(K) USLE	SOL_Z (Profundidad mm)	Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Dispo. de Agua en el Suelo (mm/mm)	Cond. Hidráulica (mm/hr)	SOL_CBN Carbono (%)	CLAY Arcilla (%)	SILT Limo (%)	SAND Arena (%)
MEFe	0.12	640	1	0.1	151.9	4.2	4	18	78

Nota: Tomado de Uribe y Valencia (2010). Aplicación del modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT) impacto del uso de la tierra en la generación sedimentos y caudales, caso cuenca del río Tunjuelo. Santiago de Cali: CIAT.

Para poder ejecutar la interfaz ArcSwat en ArcGis se preparó el DEM, la información de las estaciones, las características del suelo y los tipos de cobertura y, se basó en Uribe (2010) por presentar las fases que se deben seguir para aplicar el modelo de manera correcta, por lo tanto se trabajaron las siguientes ventanas que se fueron desplegando cada vez que se realizaba una operación de manera consecutiva, las cuales fueron: SWAT PROJECT SETUP, WATERSHED DELINEATOR MENU, HRU ANALYSIS MENU, WRITE INPUT TABLES MENU, EDIT SWAT INPUT MENU Y SWAT SIMULATION. Al cumplir con cada una de ellas se obtuvo la red hídrica, parámetros de la cuenca (Extensión, elevación mínima, media y máxima) conformada por el DEM de acuerdo a la topografía y el análisis del comportamiento del caudal siendo el

objetivo principal. El programa genera más información sin embargo para el presenta trabajo sólo se enfatizó en las anteriormente mencionadas.

### 4.3 Análisis económico

Se calculó el costo de oportunidad para la actividad agropecuaria más representativa de los campesinos que habitan la microcuenca y luego se implementó un tipo de negociación con el método de valoración contingente, dando como resultado la disposición a aceptar (o ser compensado) DAA de dinero por hectárea, con el fin de cambiar el uso actual por conservar el recurso hídrico (Borda *et al.*, 2010). A continuación se presentan las técnicas que se tuvieron en cuenta para llevarlo a cabo:

**4.3.1 Costo de oportunidad.** El costo de oportunidad para la actividad más representativa (Cultivo de papa) dentro del área de trabajo se calculó por medio de la estimación del beneficio neto (utilidad), siendo el valor que resulta cuando se le descuenta al ingreso bruto total (IBT) los respectivos costos totales de producción (CTP) incurridos durante un mismo periodo productivo. Para ello se recolectó información por medio de entrevistas a los productores de la región sobre cantidades y precios totales actuales para los insumos, así como también el volumen total producido por hectárea, generando los costos e ingresos correspondiente a la actividad antrópica seleccionada y trabajando con la siguiente formula (Morcillo y Beker, 1993):

$$BEN = IBT - CTP$$

Donde:

BEN = Beneficio económico neto

IBT = Ingreso bruto total

CTP = Costos totales de producción

**4.3.2 Disposición a aceptar (DAA) por el método de valoración contingente.** Para determinar la mínima cantidad a ser compensada por parte de los propietarios de la zona de influencia con el fin de generar un posible valor económico para dichos bienes y servicios medioambientales, enfatizado en el recurso hídrico que provee dicho ecosistema (Riera, 1994), se adoptó la aplicación de una encuesta a partir del método de valoración contingente teniendo en cuenta la descripción del bien que se pretende valorar, la cual ayudó a que los entrevistados se sintieran familiarizados con el recurso hídrico (Humedal la Sartaneja), la valoración de bien, donde se preguntó la disposición a aceptar de forma abierta y en formato tanteo por ser un tipo de negociación entre el entrevistador y el entrevistado, teniendo como base el costo de oportunidad calculado anteriormente y por ultimo datos personales que podrían influir en las respuestas (Apéndice B).

Por tanto, se realizaron muestreos y socializaciones que ayudaron a identificar el mínimo número de encuestas a ejecutar (El número de muestras de determinó con respecto a la pregunta que hacía referencia al área utilizada para actividades agropecuarias en el predio por el propietario) (Ministerio de Medio Ambiente, 2002), simulando un mercado hipotético a los proveedores potenciales de servicios ambientales, donde se les pregunta por la mínima cantidad de dinero que estarían dispuestos a aceptar por dejar a un lado los beneficios de las actividades actualmente desarrolladas, a cambio de ser protectores de las fincas tituladas a su nombre (Herrador y Dimas, 2001).

Al tabular la información obtenida, se les asignaron valores numéricos a las respuestas cualitativas (Variables cualitativas), es decir, si en una pregunta la respuesta es “No” se le asignaría

un código con valor cero (0), por el contrario si la respuesta es un “Sí” se le asignará un código con valor uno (1) y así para cada una de ellas, con el fin de realizar un análisis econométrico para toda la encuesta con ayuda del programa estadístico Tin-R, determinando las variables significativas y la confiabilidad de los resultados (Sánchez, 2008). Además se realizó una estadística descriptiva, ayudando a visualizar con detalle los resultados obtenidos por las preguntas con mayor relevancia de acuerdo a la disposición a aceptar del cambio la actividad actual a cambio de ser protectores del ecosistema.

## **5. Resultados**

### **5.1 Situación actual**

**5.1.1 Red hídrica.** La microcuenca del humedal la Sartaneja recibe varios tributarios por encontrarse en una zona de inundación tanto en partes altas como bajas, sus principales nacimientos se crean casi en los extremos de los límites de la divisoria de aguas, esto por lo mencionado anteriormente, pues en muchas partes de la zona hay acumulaciones de agua gracias al tipo de cobertura presente, ayudando a alimentar constantemente estos nacimientos, por ende se tienen tributarios con nombre específico los cuales son la quebrada de Enciso, quebrada el Mortiño, cañada el Santo, cañada los Cojones, cañada Sartaneja, cañada la Reserva, cañada Bastos y cañada el Yugo, además de otros nacimientos que no son reconocidos con nombre específico, los cuales nutren al humedal la Sartaneja y posteriormente forma el río Sartaneja (Figura 7).

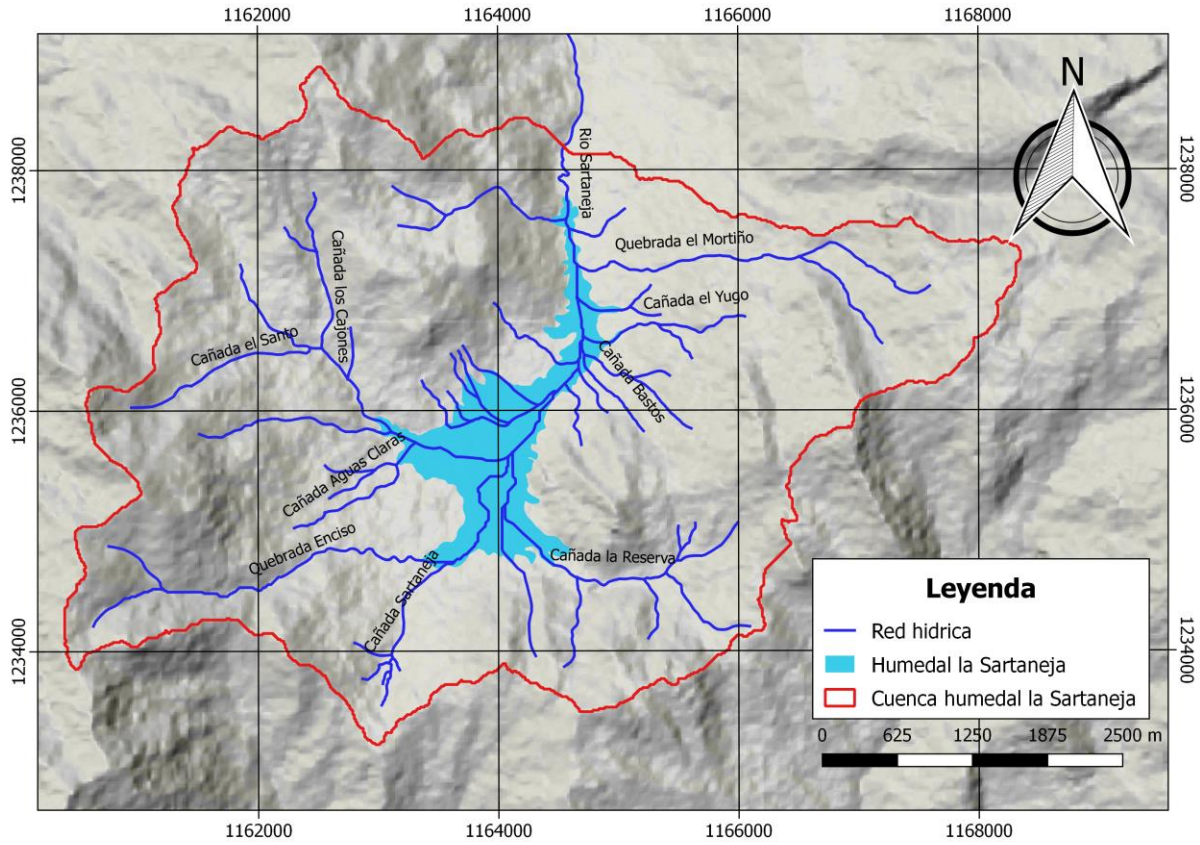


Figura 7. Red Hídrica y Principales Nacimientos para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.

La clasificación del orden por el método Horton para los cauces de la red hídrica conformada por la microcuenca, muestra un cauce principal de cuarto orden con una longitud de 7.67 km, el orden tres con dos cauces y una longitud total de 5.25 km, el segundo orden con diez cauces y una longitud total de 15.72 km y para el primer orden se tienen 30 cauces con una longitud total de 18.63 km. Además se presenta el valor medio para cada uno de los órdenes presentes por los distintos cauces (Figura 8 y Tabla 5).

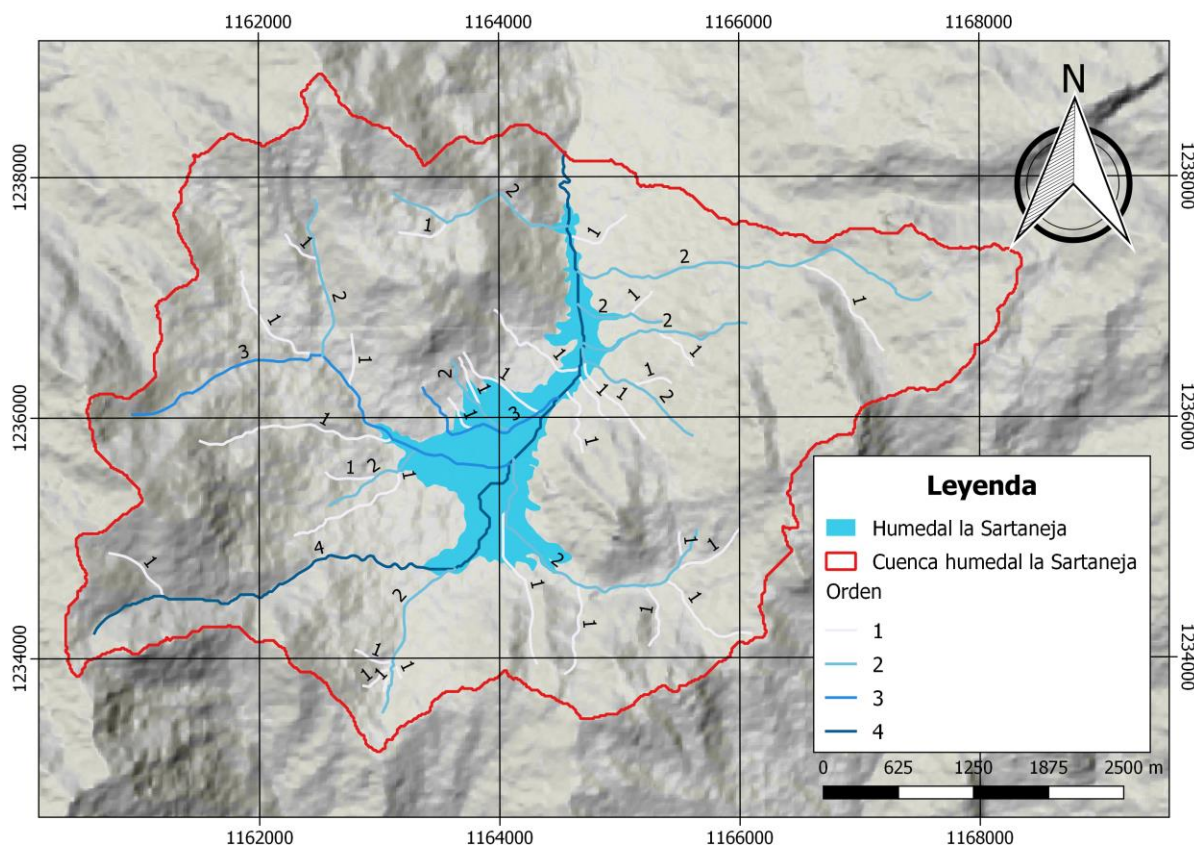


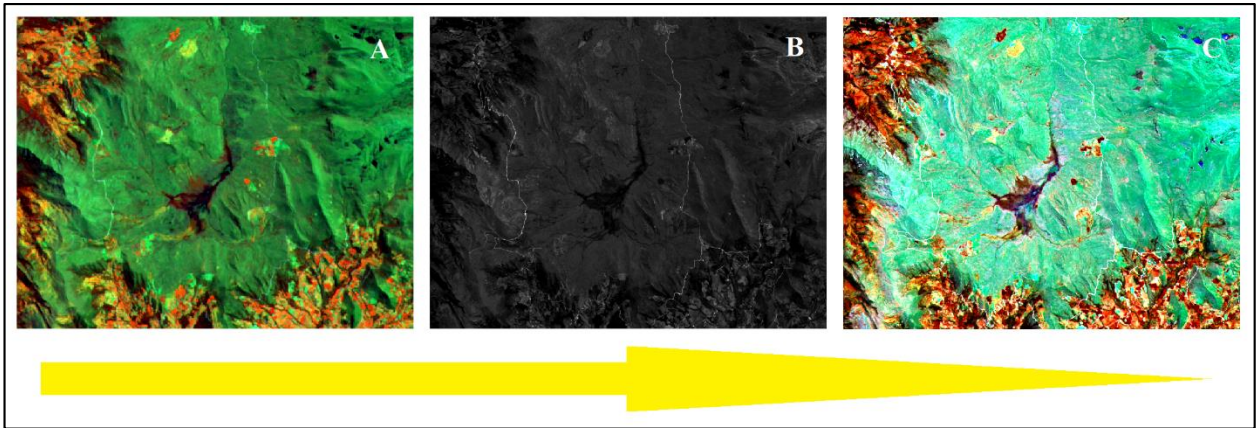
Figura 8. Clasificación del Orden para la Red Hídrica de la Microcuenca del Humedal la Sartaneja por el Método de Horton.

Tabla 5. Parámetros para Cada Orden que Presenta la Microcuenca del Humedal la Sartaneja por el Método de Horton.

	<b>Orden 1</b>	<b>Orden 2</b>	<b>Orden 3</b>	<b>Orden 4</b>
<b>Núm. de Caudales</b>	30	10	2	1
<b>Long. Total (km)</b>	18.63	15.72	5.26	7.67
<b>Long. Media (km)</b>	0.62	1.57	2.63	7.67

**5.1.2 Cobertura y uso actual del suelo.** Para la clasificación de los tipos de cobertura, se enfatizó en la transformación IHS para la imagen satelital Sentinel 2, ayudando a mejorar los criterios de clasificación los distintos colores que fueron verificados en campo, donde el tono

oscuro hace referencia al humedal, los parches de rojo, amarillo y café representan las actividades agropecuarias, el verde oscuro es vegetación de paramo y el verde claro son los afloramientos rocosos (Figura 9).



*Figura 9. Imagen Satelital Sentinel 2 con Transformación IHS para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.*

Para la cobertura vegetal y uso actual del suelo (Tabla 6 y Figura 10) se evidencia que en la microcuenca la mayor parte se encuentra clasificada como vegetación de páramo y subpáramo (60.51%), sin embargo una cuarta parte está constituido por afloramientos rocosos (24.45%), los cuales no tienen un aporte significativo a manera de poder generar grandes beneficios ambientales como agua y captura de carbono por ser áreas abiertas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin o con muy poca vegetación (IDEAM, 2010), la turbera (Humedal la Sartaneja) y los complejos de agua corresponden un total de 6.21% del área total y por ultimo de acuerdo con la metodología Corine Land Cover (IDEAM, 2010), la actividades antrópicas presentes en la zona se clasificaron como pastos limpios (Ganadería) y, mosaico de pastos y cultivos (Cultivo de papa y ganadería), siendo las principales causas de

degradación para el área efectiva comprendida por la microcuenca del humedal la Sartaneja con un área total de 233.7 ha (8.83% del área total de la microcuenca).

*Tabla 6. Cobertura Vegetal y Uso de Suelo de la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.*

<b>Grupo</b>	<b>Uso</b>	<b>Cobertura</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área %</b>
Territorios agrícolas	Pastos	Pastos limpios	231	9.36	0.35
	Mosaico de áreas agropecuarias heterogéneas	Mosaico de pastos y cultivos	242	224.34	8.48
Bosques y áreas seminaturales	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Vegetación de páramo y subpáramo	32111	1601.6	60.51
	Áreas abiertas sin o con poca vegetación	Afloramientos rocosos	332	647.25	24.45
Áreas húmedas	Áreas húmedas continentales	Turbera	412	157.36	5.95
Superficie de aguas	Aguas continentales	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	512	6.92	0.26
<b>Total</b>				<b>2646.83</b>	<b>100.00</b>

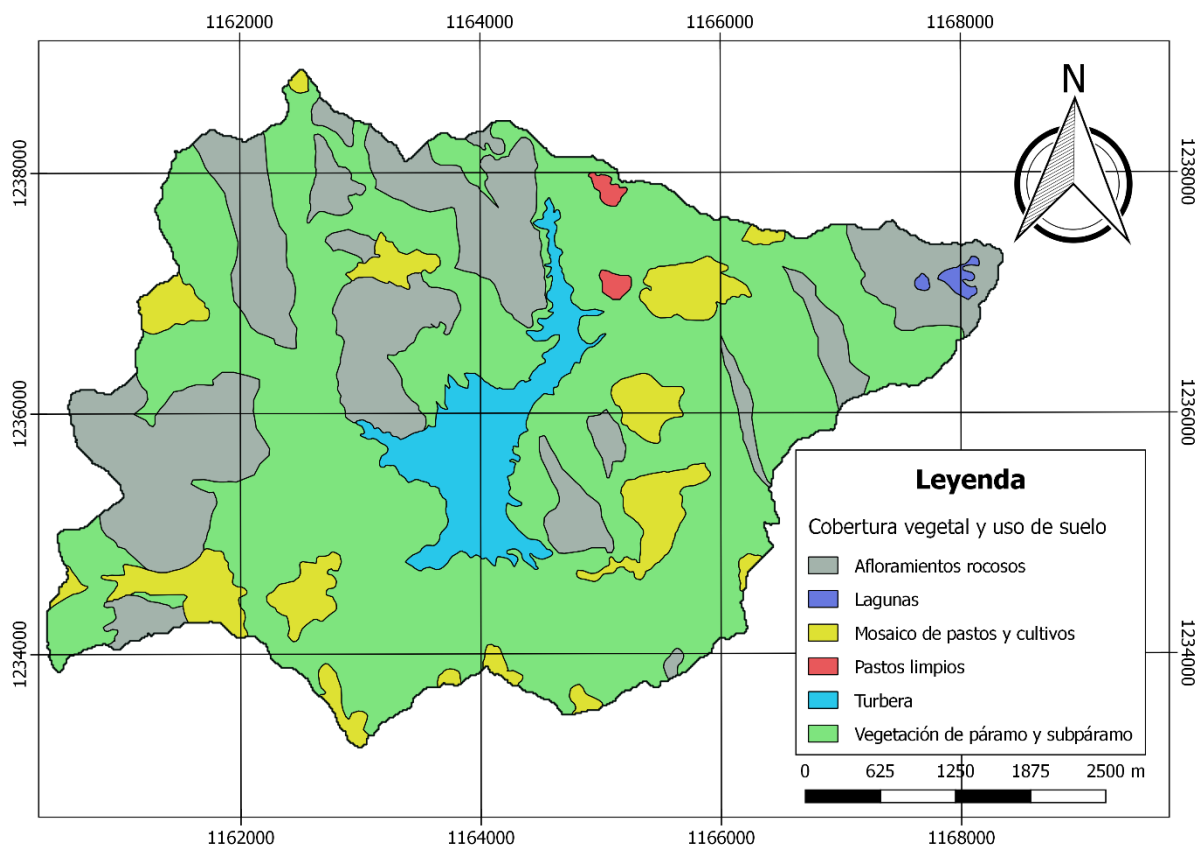
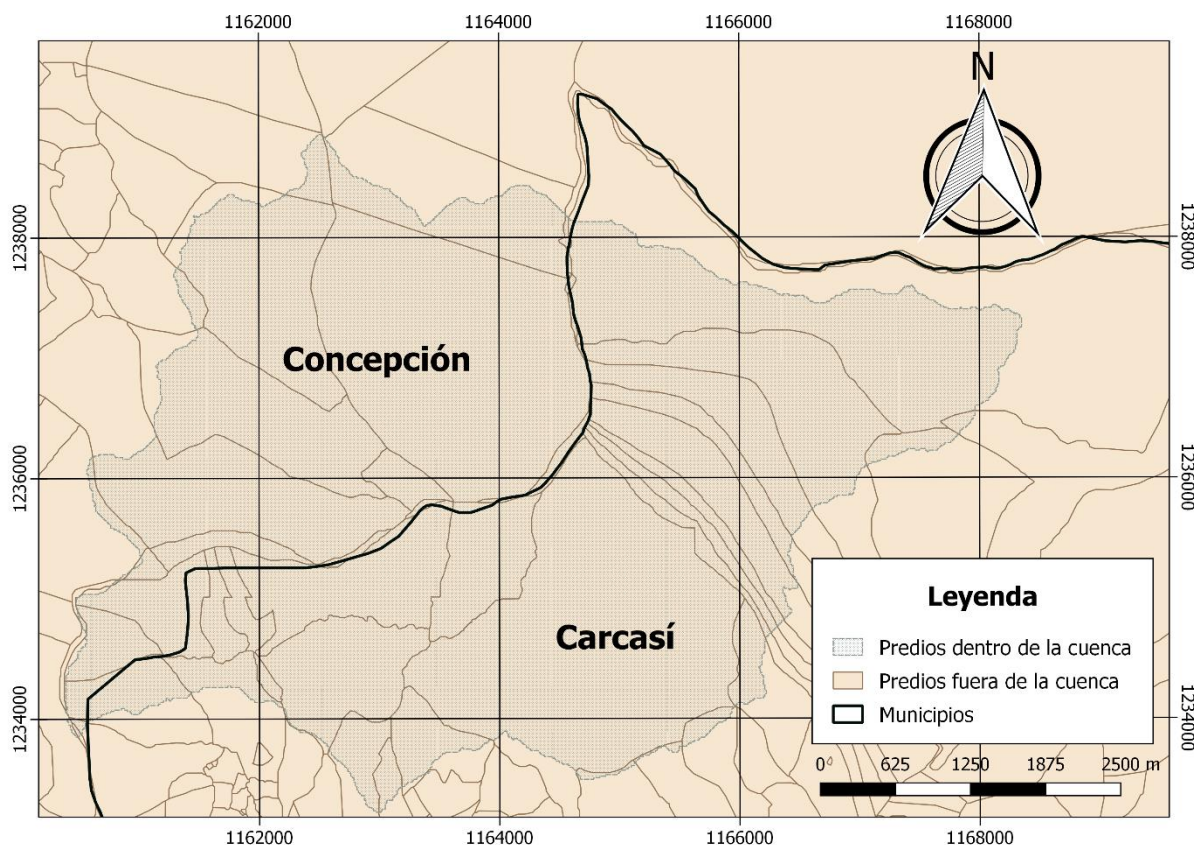


Figura 10. Cobertura Vegetal y Uso de Suelo de la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.

**5.1.3 Análisis de los predios pertenecientes a la microcuenca.** Al superponer el área de la microcuenca con el mapa predial ofrecido por el IGAC, se muestran unos predios fuera y dentro de ella, siendo los que se encuentran dentro del área de influencia las potenciales fincas en participar en el esquema de pago por servicio ambiental para ser los protectores y proveedores del recurso hídrico (Figura 11).



*Figura 11. Predios a Participar en el Esquema PSA para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.*

Dentro de estas posibles fincas que entrarían a participar del esquema de pagos por servicio ambiental se evidenciaron un total de 40 predios, de los cuales 27 para el municipio de Carcasí con un total de 1566.62 ha (con rangos entre los 441.36 y 1.28 ha) y 13 para el municipio de Concepción con un total de 1037.4 ha (con rangos entre los 395.18 y 0.89 ha) (Tabla 7 y Tabla 8). En la Tabla 9 se muestra el número de predios para distintos rangos de áreas pertenecientes a cada uno de los municipios, mostrando que la mayor parte de los predios se encuentran en áreas menores o iguales a 25 ha.

Tabla 7. Predios Potenciales del Municipio de Carcasí a Participar en el Esquema de PSA para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.

<b>Predio</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Predio</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Predio</b>	<b>Área (ha)</b>
<b>1</b>	441.36	<b>10</b>	30.5	<b>19</b>	17.29
<b>2</b>	267.64	<b>11</b>	25.53	<b>20</b>	12.69
<b>3</b>	139.55	<b>12</b>	22.73	<b>21</b>	11.95
<b>4</b>	111.43	<b>13</b>	20.93	<b>22</b>	8.31
<b>5</b>	94.21	<b>14</b>	20.71	<b>23</b>	6.4
<b>6</b>	73.01	<b>15</b>	20.15	<b>24</b>	3.83
<b>7</b>	71.29	<b>16</b>	20.08	<b>25</b>	2.86
<b>8</b>	70.21	<b>17</b>	18.56	<b>26</b>	1.96
<b>9</b>	34.51	<b>18</b>	17.65	<b>27</b>	1.28
<b>Total</b>			<b>1566.62</b>		

Tabla 8. Predios Potenciales del Municipio de Concepción a Participar en el Esquema de PSA para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.

<b>Predio</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Predio</b>	<b>Área (ha)</b>
<b>1</b>	395.18	<b>8</b>	18.55
<b>2</b>	156.44	<b>9</b>	11.58
<b>3</b>	152.97	<b>10</b>	8.63
<b>4</b>	138.22	<b>11</b>	7.2
<b>5</b>	76.18	<b>12</b>	6.45
<b>6</b>	37.25	<b>13</b>	0.89
<b>7</b>	27.86		
<b>Total</b>		<b>1037.4</b>	

Tabla 9. Rangos de Áreas para los Predios a Participar en el PSA de la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.

<b>Área</b>	<b>&lt;=25 ha</b>	<b>&gt;25 y &lt;=50 ha</b>	<b>&gt;50 y &lt;=100 ha</b>	<b>&gt;100 ha</b>	<b>Total</b>
<b>Carcasí</b>	16	3	4	4	27
<b>Concepción</b>	6	2	1	4	13

## 5.2 Determinación del servicio ambiental

A partir de la clasificación de cobertura vegetal y uso actual que presentó la microcuenca se le asignó un código de acuerdo a los requerimientos por el modelo ArcSwat para cada uno, teniendo en cuenta lo propuesto por (Uribe y Valencia, 2010), corriendo el modelo sin aplicar cambios sobre las actividades que se realizan, es decir, sin PSA. De la misma manera se corrió de nuevo el modelo pero proponiendo un cambio sobre las áreas que correspondían a pasto limpios y, mosaico de pastos y cultivos por cobertura de especies arbustivas, de manera que el código en este caso fue cambiado por MESQ, es decir, se pronosticó la adicionalidad al aplicar un PSA en la microcuenca (Tabla 10).

Luego al comparar los dos escenarios se evidencia que si se lleva cabo un esquema de PSA por el cual se cambiaran las actividades agropecuarias por conservación a partir de especies arbustivas nativas, se generaría una ganancia del 0.016% con respecto al comportamiento del cauce principal de la microcuenca (Tabla 11).

*Tabla 10. Asignación de Código SWAT para las Coberturas del Suelo presentes en la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.*

<b>Cobertura</b>	<b>Código SWAT sin PSA</b>	<b>Código SWAT con PSA</b>
Afloramientos rocosos	URML	URML
Lagunas, lagos y ciénaga naturales	WATR	WATR
Mosaico de pastos y cultivos	RYEG	MESQ
Pastos limpios	PAST	MESQ
Turbera.	WATL	WATL
Vegetación de páramo y subpáramo	BROM	BROM

Tabla 11. Escenario del Caudal Generado con y sin PSA para la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.

Mes	Caudal con PSA (m3/seg)	Caudal sin PSA (m3/seg)	Cambio (%)
<b>Enero</b>	0.75655	0.75858	0.268%
<b>Febrero</b>	1.42770	1.42513	-0.180%
<b>Marzo</b>	1.59960	1.59753	-0.129%
<b>Abril</b>	1.42617	1.42667	0.035%
<b>Mayo</b>	1.49135	1.49050	-0.057%
<b>Junio</b>	1.78283	1.77917	-0.206%
<b>Julio</b>	1.34862	1.34850	-0.009%
<b>Agosto</b>	1.05268	1.05252	-0.016%
<b>Septiembre</b>	0.96364	0.96334	-0.031%
<b>Octubre</b>	0.77040	0.77168	0.166%
<b>Noviembre</b>	0.92656	0.92900	0.263%
<b>Diciembre</b>	0.53968	0.54548	1.063%
<b>Promedio</b>	<b>1.17382</b>	<b>1.17401</b>	<b>0.016%</b>

### 5.3 Análisis económico

**5.3.1 Costo de oportunidad.** El costo de oportunidad se basó en el cultivo de papa al ser el más representativo de la zona, dando como resultados unos ingresos brutos alrededor de los \$15'560,000 y los costos totales de producción equivalen a \$15'165,000, generando un beneficio económico neto de \$395,000 (Tabla 12), siendo válido afirmar que hipotéticamente estarían recibiendo mensualmente \$65,833 por hectárea, a causa de llevar a cabo seis meses para su producción, sin embargo en los últimos años el cultivo está presentando un retardo en su producción llegando alcanzar nueve meses o un año de tiempo, ocasionando una pérdida mayor en sus ingresos.

Tabla 12. Beneficio Económico Neto para una Hectárea de Cultivo de Papa. Productores de Papa de la Zona.

CULTIVO DE PAPA	Unidad	Producción por ha	Ventas		Compras		
			Precio (\$)	Valor Total (\$)	Cantidad	Precio (\$)	Valor Total (\$)
<b>1. INGRESO BRUTO</b>							
Papa de primera	Carga/ha	240	60,000	14'400,000			
Papa de segunda	Carga/ha	40	25,000	1'000,000			
Riche	Carga/ha	20	8,000	160,000			
<b>INGRESO BRUTO TOTAL</b>			<b>\$15'560,000</b>				
<b>2. GASTOS</b>							
<b>2.1 Insumos</b>							
Semilla	Carga				22	60,000	1'320,000
Herbicida	Litro				1.5	110,000	165,000
Insecticida	Caneca (200 Lts)				12	50,000	600,000
Fungicida (gota)	Caneca (55 Gals)				35	60,000	2'100,000
Fertilización	Bultos				330	13,000	4'290,000
Reabone	Bultos				5	70,000	350,000
Costales	Unidad				600	1,000	600,000
<b>Total insumos</b>			<b>\$9'425,000</b>				
<b>2.2 Mano de obra</b>							
Preparación de suelos	Hora				7	50,000	350,000
Siembra	Jornal				12	20,000	240,000
Aplicación de Insecticida	Jornal				8	20,000	160,000
Aplicación de Herbicida	Jornal				3	20,000	60,000
Aplicación de Fertilizante	Jornal				10	20,000	200,000
Aplicación de Fungicida	Jornal				24	20,000	480,000
Deshierbe	Jornal				15	20,000	300,000
Aporque	Jornal				10	20,000	200,000
Cosecha	Bulto				600	1,000	600,000
Arrumadores	Jornales				5	90,000	450,000
Fletes	Carga				300	9,000	2'700,000
<b>Total mano de obra</b>			<b>\$5'740,000</b>				
<b>COSTOS TOTALES DE PRODUCCION</b>			<b>\$15'165,000</b>				
<b>BENEFICIO ECONOMICO NETO</b>			<b>\$395,000</b>				

**5.3.2 Disposición a aceptar (DAA) por el método de valoración contingente.** En la microcuenca se realizaron 23 encuestas de las cuales eran suficientes realizar sólo 22 de ellas de acuerdo al muestreo realizado (Tabla 13), además al evidenciarse un R cuadrado de 0,7265 por el programa estadístico, genera un confiabilidad considerable ya que representan un 72.65% con respecto a los resultados obtenidos por las entrevistas a partir de las variables cuantitativas que presentaban significancia, las cuales fueron la extensión de área utilizada para actividades agropecuarias (Extension\_utilizada) y la disposición a aceptar mensualmente por cambiar la totalidad del área utilizada por conservación del servicio ambiental asociado al recurso hídrico (DAA<sub>t</sub>) (Figura 12).

*Tabla 13. Calculo del Mínimo Número de Encuestas a Aplicar.*

<b>Muestreo</b>	
Media del DAR	23
personas muestreadas	23
grados de libertad (n-1)	22
Probabilidad	0,90
t de Student	1,32
Varianza (S <sup>2</sup> )	157
Desviación Estándar (S)	13
Coficiente de Variación (CV)	54
Error de muestreo	15
Número de personas	22
Personas a Medir	-1

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    5.931e+05  1.061e+05   5.591 5.15e-05 ***
Extension_utilizada -3.413e+04  5.807e+03  -5.877 3.04e-05 ***
DAAat          7.770e-02  1.334e-02   5.826 3.34e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 220300 on 15 degrees of freedom
(6 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.7265, Adjusted R-squared:  0.6901
F-statistic: 19.93 on 2 and 15 DF, p-value: 5.981e-05

```

Figura 12 .Confiability del modelo estadístico con Tin-R.

Con respecto a la variable cualitativa que preguntaba si estaría dispuesto a participar en un esquema de PSA (Apéndice B), se obtuvo un total de 13 propietarios (57%) que respondieron afirmativamente, mientras que los que se negaron fue un total de 10 propietarios (43%) (Figura 13), además se muestran las razones que llevaron a tomar esa decisión (Tabla 14 y Tabla 15).

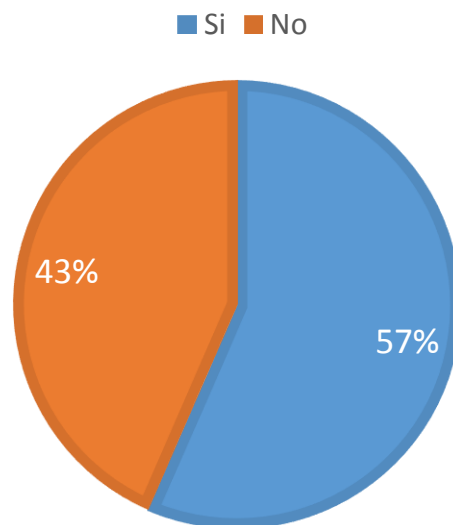


Figura 13. Propietarios Dispuestos a Participar en un Esquema de Pago por Servicio Ambiental.

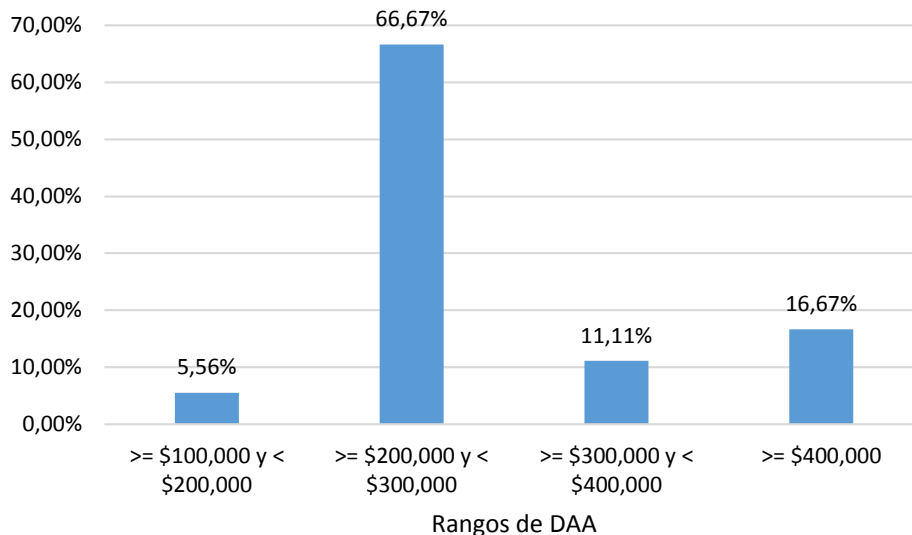
*Tabla 14. Razones por las Cuales Respondieron de Forma Afirmativa con Respecto a Participar en un Esquema de PSA.*

Si porque es muy importante conservar para que más adelante se pueda disfrutar de un buen ambiente.
Si porque quiero cuidar del páramo.
Si mejoraríamos porque queremos mejor calidad de vida, pero somos personas que vivimos de la agricultura y también ganadería, y no está generando grandes beneficios.
Si porque aportamos a cuidar las reservas del páramo.
Si porque a cambio recibimos el incentivo.
Si porque no tenemos más opción.

*Tabla 15. Razones por las Cuales Respondieron de Forma Negativa con Respecto a Participar en un Esquema de PSA.*

No porque de eso estamos viviendo y se está cuidando el páramo sin necesidad de cambiar las costumbres.
No porque no hay forma de hacerlo de otra manera.
No porque no creo que se pueda hacer esa compensación.
Sólo aceptaría si me dejaran tener animales.
No porque sólo beneficia a los propietarios y dejan por fuera las otras familias que trabajan de ello.
No porque la agricultura es lo único que sabemos.
No porque no creemos en las propuestas del gobierno.
No porque no queremos limosnas del gobierno.

Para los valores obtenidos con respecto a las disposiciones a aceptar por los propietarios, se determinó que la que presenta una mayor preferencia por los encuestados está entre los rangos pertenecientes a valores mayores o iguales a \$200,000 y menores a \$300,000 con un 66.67%, encontrándose el valor potencial que los propietarios de las fincas pretenden recibir (Figura 14). Sin embargo este valor es exagerado, puesto que comparado con el costo de oportunidad y otros esquemas de PSA como la experiencia Chaina, superan por más de cuatro veces el valor por el soporte de los servicios ambientales.



*Figura 14. Rangos de Disposiciones a Aceptar por los Propietarios de la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.*

## 6. Discusión

La cobertura comprendida por pastos limpios y mosaico de pastos y, cultivos presenta un área total de 233.7 ha, las cuales corresponden al 8.83% del área total de la microcuenca, siendo posible llevar a cabo un esquema de PSA ya que son actividades que no se desarrollan a gran escala y además se distribuyen en varios predios, facilitando las negociaciones con cada uno de los titulares del área efectiva de la microcuenca del humedal la Sartaneja.

La adicionalidad generada a partir del modelo hidrológico SWAT por proponer cambios a las coberturas de pastos limpios y mosaico de pastos y cultivos por especies arbóreas nativas, presenta una ganancia de 0.00019 m<sup>3</sup>/seg (0.016%), por lo tanto una producción de caudal de 16.42 m<sup>3</sup>/día.

Aunque el costo de oportunidad para la actividad antrópica más representativa de la zona (Cultivo de papa) es de \$65,863 mensuales por hectárea, el valor que corresponde al dinero que estarían dispuestos a recibir como compensación del cambio de la agricultura y ganadería por

restauración supera casi cuatro veces su valor, ya que presenta una mayor preferencia para los rangos que se encuentran entre los valores mayores e iguales de \$200,000 y menores de \$300,000 mensuales por hectárea.

## 7. Conclusiones

A pesar que el comportamiento del caudal se ve afectado en un 0.016%, otro servicio ambiental que se puede evidenciar es la pérdida biótica con respecto a las especies florísticas como el frailejón de los cuales existe mayor variedad, algunas de ellas endémicas y en algún grado de amenaza.

La modelación hidrológica SWAT permite probar si es necesario implementar un esquema de PSA o no, midiendo a través del tiempo la posible generación del servicio ambiental asociado al recurso hídrico con respecto a los tipos de cobertura vegetal y uso de suelo que se evalúan para la microcuenca.

Los propietarios que respondieron afirmativamente a participar en un esquema de PSA servirían como base con respecto a los que no les interesa este tipo de iniciativas, ya que servirían como experiencia y veracidad a la hora de evaluar la fidelidad y compromiso por parte de los operadores del esquema si se llegara a implementarlo y se buscara un aumento en la participación a través del tiempo.

## 8. Recomendaciones

Determinar el servicio ambiental es uno de los más grandes retos, sin embargo la herramienta de modelación SWAT ayuda facilitar ésta incertidumbre, teniendo en cuenta inversiones para el estudio de características más propias del ecosistema, ayudando a generar un valor más acertado a medida que se avance en las investigaciones.

Para evaluar la disposición a aceptar es necesario que la encuesta se aplique a la totalidad de propietarios, además estudiar más a fondo cada una de las preguntas con el fin de tener una mayor trabajabilidad con respecto a programas estadísticos.

Para poder determinar de una manera formal quiénes serían las posibles fuentes financieras, el ecosistema primero debe estar catalogado como área de importancia estratégica por las Autoridades Ambientales correspondientes como los Parque Nacionales Naturales de Colombia, las Corporaciones Autónomas Regionales y Administraciones Municipales, haciendo un seguimiento formal y concreto, sirviendo como intercesores para llevar un área desde el reconocimiento hasta encontrar sus posibles fuentes financieras con su respectivo contrato legal.

## Bibliografía

- Administración Municipal Carcasí. (2002). *Esquema de Ordenamiento Territorial para el municipio de Carcasí*. Carcasí: Administración Municipal .
- Administración Municipal Concepción. (2002). *Esquema de Ordenamiento Territorial para el municipio de Concepción*.: Concepción : Administración Municipal.
- Arnold, J. G., Moriasi, D. N., Gassman, P. W., Abbaspour, K. C., White, M. J., Srinivasan, R., . . . Van Liew, M. W. (2012). SWAT: Model use, calibration, and validation. *Transactions of the ASABE*, 55(4), 1491-1508.
- Asociación Campesina Sartaneja. (2016). Paper presented at the V Cumbre Agroecológica de la Sartaneja y de los pueblos de la Ecorregión del Chicamocha y el Arauca. Por la defensa del territorio, la vida, el agua y la paz. Carcasí: Asociación Campesina Sartaneja.
- Bolund, P. y Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological economics*, 29(2), 293-301.
- Borda, C., Moreno, R. y Wunder, S. (2010). Pagos por servicios ambientales en marcha. La experiencia en la Microcuenca de Chaina, Departamento de Boyacá, Colombia: CIFOR.
- Corporación Autónoma Regional de Santander. (2010). *Caracterización del Estado Actual del Complejo de Humedales Páramo de Almorzadero, Provincia de García Rovira, Departamento de Santander, Jurisdicción CAS*. San Gil: CAS.
- Daily, G. (1997). *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Washington D.C.: Island Press.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. (2005). Los ecosistemas y el bienestar humano: Humedales y Agua. Informe de Síntesis. *Washington, DC*.: World Resources Institute.
- Fisher, B., Turner, R. K. y Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological economics*, 68(3), 643-653.
- Herrador, D. y Dimas, L. (2001). *Valoración económica del agua para el área metropolitana de San Salvador*. San Salvador: PRISMA.
- Hofstede, R. (2000). Impactos ecológicos de plantaciones forestales. En *II Foro electrónico: los páramos como fuente de agua: mitos, realidades, retos y acciones*. Recuperado por [http://condesan.org/portal/sites/default/files/publicaciones/archivos/II\\_conferencia\\_para\\_mos.pdf](http://condesan.org/portal/sites/default/files/publicaciones/archivos/II_conferencia_para_mos.pdf).

- Hofstede, R. y Mena, P. (2000). Los beneficios escondidos del páramo: servicios ecológicos e impacto humano. En *II Foro electrónico: los páramos como fuente de agua: mitos, realidades, retos y acciones*. Recuperado por [http://condesan.org/portal/sites/default/files/publicaciones/archivos/II\\_conferencia\\_para\\_mos.pdf](http://condesan.org/portal/sites/default/files/publicaciones/archivos/II_conferencia_para_mos.pdf).
- Holdridge, L. R. (1947). Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, 105(2727), 367-368.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin*, 56(3), 275-370.
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1: 100.000. Bogotá, Colombia: IDEAM, IGAC, y CORMAGDALENA.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2016). Mapa de Sistema Nacional Catastral. Bogotá: Geoportal IGAC. Consulta año 2016, Recuperado de <http://geoportal.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.req?mapaId=23>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2016). Visor de patrones CORINE Land Cover. Bogotá: IGAC. Recuperado de <http://geoportal.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.req?mapaId=76>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2007). *Atlas de páramos de Colombia*. Bogotá: Instituto von Humboldt.
- Lambert, A. (2003). Valoración económica de los humedales: un componente importante de las estrategias de gestión de los humedales a nivel de las cuencas fluviales. Gland-Suiza: *Convención de Humedales Ramsar*.
- Londoño, C. (2001). Cuencas hidrográficas: bases conceptuales—caracterización planificación—administración. *Ibagué: Universidad del Tolima*.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2002). Guías Técnicas para la ordenación y el manejo sostenible de los bosques naturales. Parte III: Guía técnica para realización de inventarios forestales. *Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente*.
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Guía metodológica para el diseño e implementación del incentivo económico de pago por servicios ambientales – PSA. Bogotá: *Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*.
- Morcillo, F. M. y Beker, V. A. (1993). *Economía: principios y aplicaciones*. Argentina: McGraw-Hill.

- Parra, A. (2009). *Procesamiento digital de imágenes de satélite*. Caracas, Venezuela.: Universidad de los Andes.
- Parra, S. y Marín, C. (2015). Bitácora de flora. Guía visual de plantas de páramos de Colombia. Bogotá: *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*.
- Pedraza, P., Betancur, J. y Franco, P. (2004). *Chisacá, un recorrido por los páramos andinos*. Bogotá: Inst. de Ciencias Naturales, Univ. Nacional de Colombia, Ins. Alexander von Humboldt.
- Convenio de Ramsar (1971). Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas. Ramsar, Irán: Convenio *Ramsar*.
- Riera, P. (1994). *Manual de valoración contingente*. Madrid, España: Ministerio de Economía y Hacienda, Instituto de Estudios Fiscales.
- Rodas, V. y Godínez, B. (2011). Manual para la implementación de mecanismos de Pago por Servicios Ambientales (PSA), basado en la experiencia del Proyecto Tacaná de la UICN: *Proyecto Tacaná. Primera edición*. San Marcos, Guatemala : UICN.. 59 p.
- Rojas, J. (2013). El pago por servicios ambientales como alternativa para el uso sostenible de los servicios ecosistémicos de los páramos. *Ambiente y sostenibilidad*, 1(1), 57-65.
- Sánchez, J. M. (2008). Valoración contingente y costo de viaje aplicados al área recreativa laguna de Mucubají. *Economía* 33(26), 119-150. Recuperado de <ftp://iies.faces.ula.ve>.
- Smith, P. y Romero, H. (2009). Efectos del crecimiento urbano del Área Metropolitana de Concepción sobre los humedales de Rocuant-Andalién, Los Batros y Lengua. *Revista de Geografía Norte Grande*(43), 81-93.
- Uribe, N. (2010). Soil and Water Assesment Tool: Conceptos básicos y guía rápida para el usuario Versión SWAT 2005. Santiago de Cali: CIAT y CGIAR.
- Uribe, N. y Valencia, J. (2010). Aplicacion del modelo Soil and Water Assessment Tool (swat) impacto del uso de la tierra en la generacion sedimentos y caudales, caso cuenca del rio Tunjuelo. Santiago de Cali: CIAT.
- Vilardy, S., Jaramillo, U., Flórez, C., Cortes-Duque, J., Estupiñán, L., Rodríguez, J., . . . Peláez, S. (2014). Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales. *Una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático en Colombia*. Bogotá, DC.: *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*.
- Wunder, S. (2006). *Pagos por servicios ambientales: Principios básicos esenciales*. Indonesia: CIFOR.

## Apéndices

## Apéndice A. Listado de Especies Vegetales Predominantes en la Microcuenca del Humedal la Sartaneja.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Distribución	Grado de amenaza
ALSTROEMERIACEAE	<i>Bomarea hirsuta</i>	Cortapicos o pecosos		
APIACEAE	<i>Eryngium humboldtii</i>	Cardón o cardoncillo		
APIACEAE	<i>Oreomyrrhis andicola</i>	Perejil de páramo		
ASTERACEAE	<i>Espeletia sp.</i>	Frailejón		
ASTERACEAE	<i>Espeletia argentea</i>	Frailejón plateado		
ASTERACEAE	<i>Espeletia grandiflora</i>	Frailejón	Endémica	Preocupación menor (LC)
ASTERACEAE	<i>Espeletia killipii</i>	Frailejón de lago	Endémica	
ASTERACEAE	<i>Espeletia picnophylla</i>	Frailejón		
ASTERACEAE	<i>Espeletia uribei</i>	Frailejón		
ASTERACEAE	<i>Espeletiopsis corymbosa</i>	Frailejón negro o Frailejoncillo	Endémica	Preocupación menor (LC)
ASTERACEAE	<i>Baccharis prunifolia</i>	Chilca		
ASTERACEAE	<i>Baccharis revoluta</i>	Romerillo	Endémica	
ASTERACEAE	<i>Diplostephium sp.</i>	Romero de páramo		
ASTERACEAE	<i>Diplostephium revolutum</i>	Romero de páramo	Endémica	
ASTERACEAE	<i>Gynoxys fuliginosa</i>			
ASTERACEAE	<i>Hieracium frigidum</i>			
ASTERACEAE	<i>Pentacalia andicola</i>	Panque		
ASTERACEAE	<i>Senecio spp.</i>	Árnica		
BERBERIDACEAE	<i>Berberis goudotii</i>	Uña de gato, espino o tachuelo	Endémica	
BORAGINACEA	<i>Moritzia lindenii</i>			
BRASSICACEAE	<i>Draba cuatrecasana</i>	Litamo		
BROMELIACEAE	<i>Puya Clava</i>	Cardón o puya		Vulnerable (VU) Casi amenazada (NT)
BROMELIACEAE	<i>Greigia stenolepis</i>	Piñuela	Endémica	
CAMPANULACEAE	<i>Lysipomia muscoides</i>			
CAPRIFOLIACEAE	<i>Valeriana arborea</i>	Valeriana	Endémica	
CARYOPHYLLACEAE	<i>Stellaria cuspidata</i>			
CRASULACEAE	<i>Crassula venezuelensis</i>			
CUNONIACEAE	<i>Weinmaia fagaroides</i>	Encenillo		

Familia	Nombre científico	Nombre común	Distribución	Grado de amenaza
CYPERACEAE	<i>Eleocharis acicularis</i>	Cebolleta de pantano		
ERICACEAE	<i>Disterigma empetrifolium</i>	Uva de anís		
ERICACEAE	<i>Gaultheria anastomosans</i>	Uvito venenoso de páramo		
ERICACEAE	<i>Gaultheria hapalotricha</i>	Uvito venenoso de páramo		
ERICACEAE	<i>Pernettya hirta</i>	Reventadera o uvita de páramo	Endémica	
ERICACEAE	<i>Pernettya prostrata</i>	Reventadera o bichacha		
ERICACEAE	<i>Vaccinium floribundum</i>	Uva camarona		
ERIOCAULACEAE	<i>Paepalanthus karstenii</i>	Cardito		
ESCALLONIACEAE	<i>Escallonia myrtilloides</i>	Rodamonte		
FABACEAE	<i>Trifolium repens</i>	Carretón		
FABACEAE	<i>Vicia andicola</i>	Arvejilla		
GERANIACEAE	<i>Geranium sp.</i>	Genario		
GENTIANACEAE	<i>Halenia adpressa</i>		Endémica	
HALORAGACEAE	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Helecho acuático		
HYPERICACEAE	<i>Hypericum myricariifolium</i>	Chite	Endémica	
IRIDACEAE	<i>Sisyrinchium pusillum</i>	Espadilla		
JUNCACEAE	<i>Juncus sp.</i>	Junco		
JUNCACEAE	<i>Juncus ecuadoriensis</i>	Junco		
JUNCACEAE	<i>Juncus effusus</i>	Junco		
JUNCACEAE	<i>Luzula sp.</i>			
JUNCACEAE	<i>Luzula gigantea</i>			
JUNCACEAE	<i>Luzula racemosa</i>			
JUNCAGINACEAE	<i>Lilaea scilloides</i>			
LAMIACEAE	<i>Clinopodium sp.</i>	Poleo		
LAMIACEAE	<i>Stachys sp.</i>			
LAMIACEAE	<i>Stachys elliptica</i>			
LAMIACEAE	<i>Stachys pusilla</i>	Flor del día		
MELASTOMATACEAE	<i>Castratella piloselloides</i>	Oreja de oso		
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia salicifolia</i>	Tuno, chirte o vara negra		
MELASTOMATACEAE	<i>Tibouchina grossa</i>	Sietecueros o tuno rojo		
MYRTACEAE	<i>Myrteola nummularia</i>	Guayabilla		
ORCHIDACEAE	<i>Aa hartwegii</i>	Orquidea		
ORCHIDACEAE	<i>Epidendrum chioneum</i>	Orquidea		

Familia	Nombre científico	Nombre común	Distribución	Grado de amenaza
ORCHIDACEAE	<i>Epidendrum erosum</i>	Epidendro	Endémica	
OXALIDACEAE	<i>Oxalis medicaginea</i>	Chulco o acedera		
ORCHIDACEAE	<i>Pachyphyllum pastii</i>			
PIPERACEAE	<i>Peperomia microphylla</i>			
PLANTAGINACEAE	<i>Plantago rigida</i>	Cojin o colchon de pobre		
POACEAE	<i>Agrostis fasciculata</i>	Paja de páramo		
POACEAE	<i>Agrostis trichodes</i>	Paja del niño dios		
POACEAE	<i>Calamagrostis intermedia</i>	Paja de zorro		
POACEAE	<i>Calamagrostis planifolia</i>	Paja de páramo		
POACEAE	<i>Chusquea tessellata</i>	Chusque o bambú de páramo		
POACEAE	<i>Chusquea scandens</i>	Chusque		
POACEAE	<i>Cortaderia columbiana</i>	Cortadera		
POACEAE	<i>Festuca sp.</i>	Paja de páramo		
POACEAE	<i>Poa orthophylla</i>			
POACEAE	<i>Paspalum hirtum</i>		Endémica	
POACEAE	<i>Trisetum sp.</i>			
POLYGONACEAE	<i>Muehlenbeckia sp.</i>			
POLYGONACEAE	<i>Rumex sp.</i>	Sangretoro		
POLYGONACEAE	<i>Rumex acetosella</i>	Sangretoro		
RANUNCULACEAE	<i>Ranunculus sp.</i>			
RANUNCULACEAE	<i>Ranunculus geranioides</i>			
ROSACEAE	<i>Acaena sp.</i>	Cadillo o cadillo blanco		
ROSACEAE	<i>Acaena elongata</i>	Cadillo o cadillo blanco		
ROSACEAE	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Mortiño o amarillo		
ROSACEAE	<i>Lachemilla sp.</i>	Plegadera		
ROSACEAE	<i>Lachemilla aphanoides</i>	Plegadera		
ROSACEAE	<i>Lachemilla hirta</i>			
ROSACEAE	<i>Lachemilla mandoniana</i>			
ROSACEAE	<i>Lachemilla nivalis</i>			
ROSACEAE	<i>Rubus sp.</i>			
RUBIACEAE	<i>Arcytophyllum muticum</i>	Piojo		
RUBIACEAE	<i>Galium sp.</i>	Coralito		
RUBIACEAE	<i>Galium ascendens</i>	Coralito	Endémica	
RUBIACEAE	<i>Nertera granadensis</i>	Coralito o tomatillo		

Familia	Nombre científico	Nombre común	Distribución	Grado de amenaza
SOLANACEAE	<i>Cestrum buxifolium</i>	Tinto		
SOLANACEAE	<i>Solanum stenophyllum</i>			
URTICACEAE	<i>Urtica sp.</i>	Ortiga		
XYRIDACEAE	<i>Xyris subulata</i>			

Nota: Listado de especies vegetales predominantes en el Páramo del Almorzadero Adaptado de la CAS (2010). Caracterización del Estado Actual del Complejo de Humedales Páramo de Almorzadero, Provincia de García Rovira, Departamento de Santander, Jurisdicción CAS.: Corporación Autónoma Regional de Santander.

*Apéndice B. Encuesta aplicada a los propietarios de la zona de influencia para determinar la DAA.*

### UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

#### SEDE-MÁLAGA

#### ENCUESTA PARA PROPIETARIOS DE LA ZONA DE INFLUENCIA

#### DEL HUMEDAL LA SARTANEJA

La Universidad Industrial de Santander, Sede Málaga, en base a un proyecto de grado, está realizando un estudio para la conservación de la fuente hídrica que se encuentra en el Humedal la Sartaneja, ubicado en el Complejo de Páramos del Almorzadero. Su cooperación es esencial para llevar a cabo el proyecto; por tanto respetuosamente se invita a contestar el siguiente cuestionario, diseñado para usted como dueño del predio adyacente a la zona del Humedal, además la información que usted pueda proporcionar es para propósitos académicos, los cuales serán tratados con confidencialidad. En este proceso no hay respuestas que se consideren buenas o malas, adecuadas o inadecuadas. Por esta razón se solicita contestar con sinceridad y objetividad.

1. ¿Qué extensión abarca su predio? Por favor indicarla en hectáreas: \_\_\_\_\_
2. ¿Dentro de la extensión de su predio, que área está siendo utilizada como parte de su trabajo diario? Por favor indicarla en hectáreas: \_\_\_\_\_
3. ¿Cuál (es) actividad (es) está ejerciendo en el predio, con el fin de suplir las necesidades básicas en su hogar? \_\_\_\_\_
4. ¿Lo realiza de forma artesanal o lo desarrolla de forma tecnificada (maquinaria para arado y/o subsolado, agroquímicos, entre otros)? \_\_\_\_\_
5. ¿Posee alguna superficie que le esté generando algún otro tipo de uso comercial (arriendo, préstamo, participación en especie, entre otros)? ¿Cuáles y que cantidad de área es empleada (ha)? \_\_\_\_\_
6. ¿Hace cuántos años practica dicha actividad (es)? \_\_\_\_\_

7. ¿Cree usted que la cobertura y el caudal del Humedal La Sartaneja ha disminuido considerablemente en los últimos años?  
 Sí \_\_\_\_\_ ¿Hace cuánto ha evidenciado dicha disminución y porque cree que se puede haber presentado? \_\_\_\_\_  
 No \_\_\_\_\_
8. Si se implementara un incentivo por el cual se retribuye a personas que cambien el uso actual del predio (Agricultura, Ganadería, Otros), por actividades de conservación para mejorar los servicios que presta el ecosistema del humedal la Sartaneja, tales como regulación y calidad del recurso hídrico, fijación de carbono, belleza paisajística, entre otros. ¿estaría usted dispuesto a participar en dicho cambio?  
 Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
 Porque: \_\_\_\_\_
9. ¿Cuál sería la **CANTIDAD MÍNIMA** de dinero que estaría dispuesto (a) a recibir mensualmente como compensación del cambio de la actividad actual por conservación?  
 \$ \_\_\_\_\_

Para finalizar, por favor marque con una X, y responda las preguntas abiertas según corresponda:

10. Sexo:  
 Masculino \_\_\_\_\_ Femenino \_\_\_\_\_
11. Fecha de Nacimiento: \_\_\_\_\_
12. Estrato: \_\_\_\_\_
13. Niveles de estudio:  
 Ninguno \_\_\_\_\_  
 Primaria incompleta \_\_\_\_\_  
 Primaria completa \_\_\_\_\_  
 Secundaria incompleta \_\_\_\_\_  
 Secundaria completa \_\_\_\_\_  
 Técnico \_\_\_\_\_  
 Universitarios \_\_\_\_\_
14. Profesión: \_\_\_\_\_
15. Estado Civil:  
 Casado \_\_\_\_\_ Soltero \_\_\_\_\_ Unión libre \_\_\_\_\_
16. Número de personas que viven en su hogar (Incluido usted): \_\_\_\_\_
17. ¿Cuántos son menores de 18 años? \_\_\_\_\_

Gracias por su atención y participación.