

**ESTADO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA
ALTAMIRA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ESQUEMA DE PSA
EN EL CORREGIMIENTO DE SAN FRANCISCO, EL CALVARIO-META**

ENVIRONMENTAL STATE OF THE ALTAMIRA CREEK BASIN FOR A
SCHEME OF PAYMENT FOR ENVIRONMENTAL SERVICES
IMPLEMENTATION IN SAN FRANCISCO TOWN, MUNICIPALITY OF
CALVARIO-META

Zulma Lorena Duran Hernandez

Ing. En Recursos Hídricos y Gestión Ambiental MSc. Universidad
Nacional Abierta y a Distancia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1039-4395>

email. Zulma.duran@unad.edu.co

Blanca Ninfa Carvajal

Ing. Forestal Esp. Universidad Nacional Abierta y a Distancia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3848-8959?lang=es>

Email. blanca.carvajal@unad.edu.co

María del Rosario Diaz Olaya

Médico Zootecnista PhD. Universidad Nacional Abierta y a Distancia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1568-7434>

Email. maria.diaz@unad.edu.co

Duban Leandro Romero

Ing. Agroforestal. Universidad Nacional Abierta y a Distancia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4583-969X>

Email. forestal.romero1@gmail.com

RESUMEN.

La microcuenca de la quebrada Altamira está ubicada en la vertiente Oriental de la Cordillera Oriental y hace parte de la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Chingaza. Las condiciones ambientales de la cuenca que favorecen la implementación de un esquema de pago por servicios ambientales (PSA) son sus coberturas vegetales de bosque andino, presencia de nacederos de agua, predios privados con áreas estratégicas para conservación, percepción favorable de la gente sobre el

cuidado de la cuenca y presencia de actividades que generan degradación ambiental.

El bosque andino cubre casi un 70% de la cuenca, mientras que el restante 30% corresponde a coberturas de pastos para ganadería y cultivos. Se identificaron seis predios con actividad productiva e importancia estratégica por la presencia de nacimientos de agua y humedales ubicados en cotas superiores a la captación del acueducto del Corregimiento de San Francisco. En cuanto a las percepciones de los usuarios del agua, se encontró que el 100% cree importante la conservación del bosque en las zonas de recarga hídrica pero el 58% no estaría dispuesto a pagar cuota adicional como aporte a un Esquema de (PSA) principalmente por el mal servicio de acueducto que tienen y porque no sabría quien manejaría esos recursos.

Estas condiciones muestran que hay un servicio ambiental que proteger, unas actividades productivas que mejorar y una comunidad beneficiaria del agua que requiere un proceso de sensibilización y apoyo económico para una futura implementación de un PSA.

Palabras Clave.

Servicio Ambiental, compensación, bosque andino, cuenca hidrográfica, Quebrada Altamira.

ABSTRACT.

The Altamira creek basin is located in the eastern part of the Eastern Cordillera and is part of the buffer zone of the Chingaza National Natural Park. The environmental favorable conditions of the basin for the implementation of a payment scheme for environmental services (PSA) are its vegetal coverings of Andean forest, presence of water springs, private properties with strategic areas for conservation, favorable perception of people about the conservation of the basin and presence of activities that generate environmental degradation.

The Andean forest covers almost 70% of the basin, while 30% corresponds to pasture coverings for livestock and crops. Six farms with productive activity and strategic importance were identified due to the presence of springs and wetlands in the quotas higher than the catchment point of the San Francisco town aqueduct. Regarding the perceptions of

water users, it has been found that 100% have improved forest conservation in water recharge zones, but 58% are not willing to pay an additional fee such as a report and an outline of (PSA) mainly because of the bad perception of their aqueduct service and would not know who would manage those resources.

These conditions show that there is an environmental service to protect, productive activities that improve and a beneficiary community of water that requires a process of awareness and economic support for a future implementation of a PSA

Keywords

Environmental services, Compensation, Andean Forest, Basin, Altamira creek.

INTRODUCCIÓN

Los servicios ambientales se definen como beneficios intangibles que los diferentes ecosistemas ponen a disposición de la sociedad, dichos servicios pueden ser captura de carbono, regulación del clima, belleza escénica, control de la erosión, etc., por otro lado, los bienes ambientales son productos tangibles de la naturaleza tales como madera, frutos, agua, suelo, plantas medicinales, entre otros (SERMANAT, 2004).

El estado colombiano ha previsto mediante diferentes normas el pago por servicios ambientales, como la ley 99/93 que estableció la obligación de adquisición de predios de cuencas abastecedoras de acueductos, la Ley 1450 de 2011 y por el decreto 953/2013 que prevé la adquisición y mantenimiento de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales, o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales en dichas áreas. Estas normas han permitido finalmente que los mecanismos de Pago por Servicios Ambientales (PSA) sean un instrumento de mercado en el cual los usuarios o beneficiarios del servicio ambiental paguen a los proveedores de los mismos.

En Latinoamérica han sido aplicados los PSA especialmente en países como Costa Rica (FONAFIFO, 2016), México (Perevochtchikova & Ochoa, 2012), Nicaragua y el Salvador. En Colombia González & Riascos (2007) listan algunas experiencias nacionales como la de CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria) en la que se implementó un Esquema de PSA con 80 fincas en la cuenca del Río La Vieja; también se resaltan estudios hechos en la Laguna La Cocha en

Nariño y Laguna de Fúquene en Cundinamarca. Por otro lado, existe el Esquema BanCO2 el cual ha vinculado desde el año 2014 a 6500 familias en todo el país y en trabajo coordinado con las Autoridades Ambientales y financiadores privados se han beneficiado comunidades con la capacitación e implementación de sistemas productivos más sostenibles, así como con el pago de una cantidad de dinero por sus bosques conservados. Para acordar el valor del estímulo se tiene como referencia el costo de oportunidad de las actividades productivas locales, sin embargo, se trata de un valor acordado y voluntario entre el finquero o poseedor y el inversionista que en ocasiones puede ser el estado y en otros casos el sector privado (BanCo2, 2019).

El municipio del Calvario, Meta, cuenta con una gran extensión de ecosistemas de alta montaña; hace parte de la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Chingaza, lo que muestra su importancia estratégica en términos de oferta y regulación hídrica, pero también su vulnerabilidad por sus características geomorfológicas de alta pendiente, el uso agropecuario y actual explotación del suelo en cultivos transitorios.

METODOLOGÍA

- Zona de estudio

La Cuenca de la Quebrada Altamira hace parte de la cuenca del río Guatiquía, la cual a su vez pertenece a la cuenca del Río Meta. Tiene un área de 0,347Km² de superficie, 9.96 kilómetros de perímetro y 4.09 kilómetros de longitud; nace a 2800msnm y desemboca al río Santa Bárbara a los 1500msnm, su principal afluente es el Caño Tuquinal cuya área es de 69 hectáreas y corresponde a la fuente de abastecimiento del acueducto del Corregimiento de San Francisco.

Este corregimiento tiene 490 habitantes, distribuidos en las Vereda San Antonio Alto, San Antonio Bajo, San Francisco centro, correspondiente a ciento cincuenta y cuatro (154) familias.

- Análisis Hidrográfico

Se realizó una delimitación de la cuenca a partir de un modelo de elevación digital el cual fue procesado con el paquete de herramientas "hidrology" del software ArcGis, se determinaron parámetros morfométricos tanto de la cuenca Altamira, como de la sub-cuenca del

Caño Tuquinal. Se realizaron dos aforos sobre el cauce principal de la Quebrada Altamira, uno el mes de junio del 2016 y otro en enero de 2017, en ambos se utilizó un molinete marca SEBA. En el caño Tuquinal también se realizó un aforo en el mes de noviembre de 2016, aguas arriba del punto de captación del acueducto, en este punto también se tomó una muestra de agua para evaluar su calidad, la muestra fue puntual y se llevó a un laboratorio certificado por el IDEAM, el muestreo se realizó en julio de 2016. Los análisis de calidad del agua realizados fueron la conductividad, oxígeno disuelto, pH y sólidos suspendidos totales.

- Identificación de proveedores de los Servicios Ambientales

El servicio ambiental de interés para este sector es la regulación hídrica, la cual genera un bien ambiental esencial que es la oferta de agua para consumo humano, en calidad y cantidad óptima. Teniendo en cuenta esto se realizó el inventario de fincas con ecosistemas estratégicos para la regulación y conservación del agua, tales como nacimientos y humedales, se visitaron, georreferenciaron e identificaron los sistemas productivos principales de cada predio.

- Análisis de Coberturas del Suelo

El mapa de coberturas del suelo se construyó a partir de una imagen LANDSAT 8 descargada de la plataforma earthexplorer, posteriormente fue procesada con el software Arcgis 10.2 y usando las herramientas de geo-procesamiento y reclasificación se generaron diferentes capas de coberturas acorde a la clasificación Corine Land Cover. Las coberturas encontradas fueron contrastadas en campo para realizar una descripción cualitativa de las mismas.

- Encuestas a usuarios del agua

Para una población total de 179 familias usuarias del acueducto que se alimenta del caño Tuquinal, se determinó el tamaño de la muestra con la siguiente expresión:

$$n = \frac{z^2 p \cdot q \cdot N}{Ne^2 + z^2 p \cdot q}$$

$$n = \frac{(1.65)^2 (0.5)(1-0.5)(179)}{(179)(0.1)^2 + (1.65)^2 (0.5)(1-0.5)}$$

En donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño del universo

Z: valor del estadístico "t" con un nivel de confianza del 90% (Z= 1.65)

q= Probabilidad de fracaso (q=0.5)

e= error permitido de la muestra (e=0,10)

Utilizando un intervalo de confianza del 90% con un margen de error del 0.10, se obtuvo un tamaño de muestra de 50 familias usuarias del agua. Acorde a los lineamientos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo sobre las condiciones mínimas requeridas para la implementación de un Esquema de PSA (PNUD, 2008), se dividieron las preguntas de la encuesta en diferentes tipos de información como socio-económica, estado del servicio de agua potable, situación previa al Esquema de PSA, disponibilidad a pagar y situación post aplicación de PSA.

DISCUSIÓN

- Problemática ambiental en la cuenca

En la cuenca de la Qda. Altamira la mayor actividad productiva es la ganadería, en segunda medida la agricultura, la cual está dominada por los cultivos de lulo, este constituye el producto agrícola más importante dentro de la región, en renglones secundarios se destacan cultivos como la mora, que es el segundo más importante en la cuenca por ser el sustento de las diferentes familias de la zona. También hay otros cultivos como el frijol y tomate de árbol, en los últimos años se han venido incrementando los cultivos de tomate de guiso en invernadero.

En los sistemas de explotación agrícola implementados actualmente en el municipio, se vienen empleando altas dosis de agroquímicos (especialmente en lulo), lo que ha generado contaminación del suelo y en lugares muy localizados se empiezan a notar procesos de salinización; igualmente se presenta concentración de minerales en aguas subterráneas y superficiales, aguas que más abajo, serán utilizadas para consumo humano (Municipio El Calvario, 2005).

Existe una demanda de la madera de pequeñas dimensiones, para el desarrollo de cultivos de frijol y mora que requieren tutores y postes,

además de la reposición de cercas (postes) y actividades domésticas (consumo de leña).

- Hidrografía de la Quebrada Altamira

A partir del análisis morfométrico se determinó que la cuenca de la Quebrada Altamira es alargada lo cual indica bajo riesgo de crecidas, con una densidad de drenaje medio, una altitud media de 2.852msnm y un tipo de drenaje sencillo. Se identificó la ubicación de aquellos cuerpos de agua o sitios estratégicos para la oferta hídrica dentro de la cuenca, tabla 1.

Tabla 1. Cuerpos de agua estratégicos

SITIO	DESCRIPCIÓN	COORDENADA NORTE	COORDENADA OESTE
NACEDERO CAÑO TUQUINAL FINCA EL PINO	Afloramiento natural de agua, ubicado en medio de zona de potreros	4° 22` 1.87"	73° 46` 23.9"
NACEDERO CAÑO FINCA TUQUINAL	Afloramiento natural de agua, ubicado en medio de zona de potreros	4° 22` 8.07"	73° 46` 21.23"
HUMEDAL FINCA TUQUINAL	Zona de pantano, sin encerramiento en medio de potreros	4° 22` 1.23"	73° 46` 14.28"
CAPTACIÓN ACUEDUCTO CAÑO TUQUINAL	Bocatoma lateral en concreto, sin equipos o elementos para medición de caudal	4° 21` 54.99"	73° 46` 5.808"

Fuente: Autores

El sitio de mayor relevancia y necesidad de protección identificado fue el nacedero del Caño Tuquinal, el cual se encuentra descubierto y sin aislamiento alguno figura No. 3, a pesar de que el Código de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente a través del Decreto 1449 de 1977 en su artículo 3 prevé que las zonas de nacimiento deben ser áreas forestales protectoras de no menos de 100 metros de protección a la redonda, lo cual como se ve en las fotografías no se da en este sitio.



Figura 3. Panorámica Nacedero Tuquinal y estructura de encauzamiento del Nacedero

Los aforos realizados en la Quebrada Altamira arrojaron un caudal de 364.7L/s para el mes de junio de 2016 y 313.3L/s para el mes de enero de 2017, si bien el segundo aforo se realizó en un mes tradicionalmente seco, se habían presentado algunas precipitaciones, por lo cual no hubo un cambio significativo de caudal. En cuanto al aforo en el caño Tuquinal se encontró un caudal de 103L/s para el mes de noviembre de 2016 correspondiente a finalización de período de lluvias (tabla 2).

Tabla 2. Parámetros de calidad del agua Caño Tuquinal

Parámetro	Unidad	Método	Resultado
Conductividad	µs/cm	Electrodo	10,5
Oxígeno disuelto	mg O ₂ /L	Winkler	9,2
pH	Und	Electrodo	6,7
Solidos suspendidos totales	mg/L	Sm 2540 d	< 10

Fuente: Autores

Estos resultados muestran una calidad del agua buena, la conductividad y los sólidos suspendidos totales que pueden ser indicadores de contaminación por heces fecales, se encontraron en concentraciones bajas, igualmente el oxígeno muy cerca de su punto de saturación, lo cual es positivo para el ecosistema y los usuarios del agua.

- Coberturas del suelo

Se generó un mapa de usos del suelo de la cuenca, en el cual se encontraron 4 tipos de coberturas principales: bosque denso bajo representado por el verde oscuro, áreas agrícolas y heterogéneas con

color verde claro y pequeñas áreas de herbazal denso con arbustos en verde manzana y cultivos transitorios representado con el color naranja (Figura no. 4).

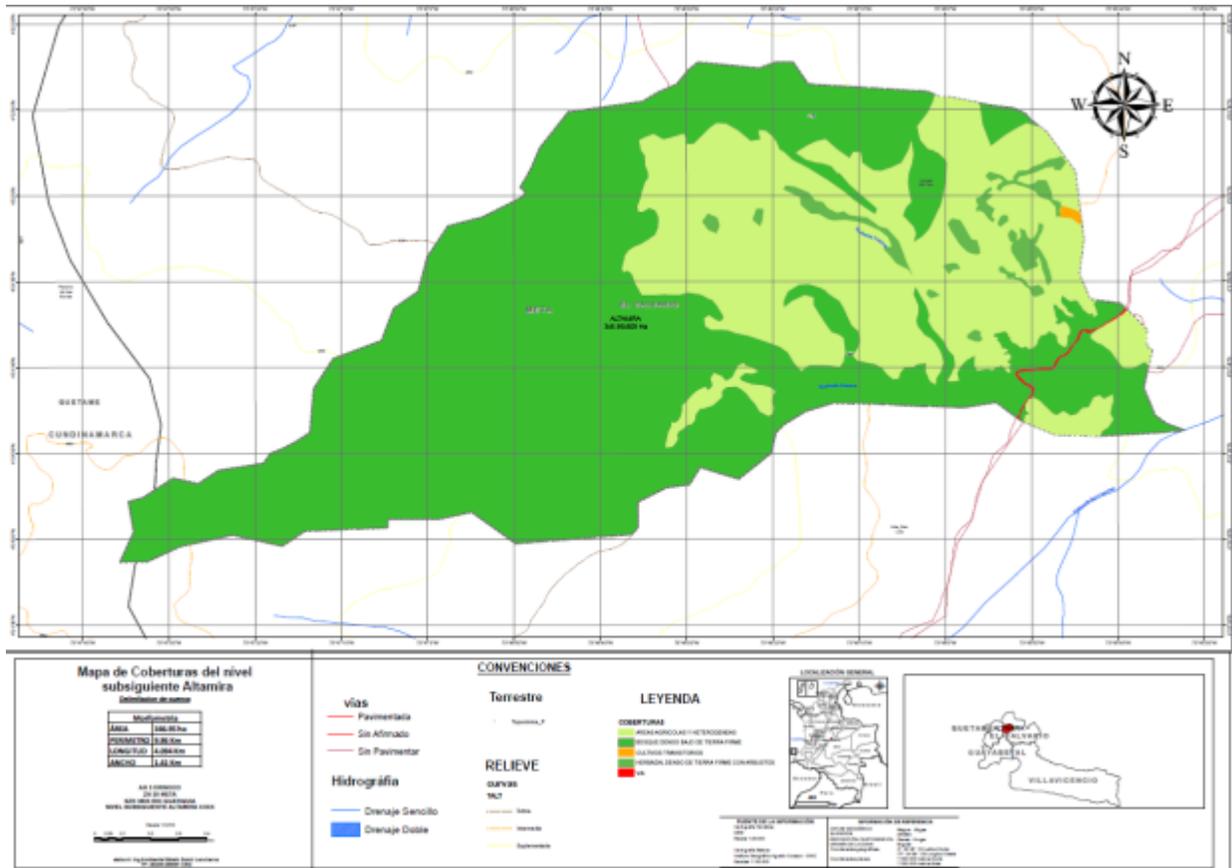


Figura No. 4. Mapa de coberturas del suelo Quebrada Altamira

Las áreas agrícolas y heterogéneas ocupan alrededor de un 30% de la cuenca, aquí se encuentran las zonas de pastos, mientras que los bosques densos representados por verde oscuro ocupa casi un 70% de la cuenca corresponden a bosques en los que se pueden encontrar especies como el encenillo (*Weinmannia tomentosa*), la valeriana (*Valeriana officinalis*), el pino colombiano (*podocarpus oleifolius*), siete cueros (*Tibouchina lepidota*), laurel (*Laurus nobilis*), chocho (*erythrina rubrinervia*), la quina (*Cinchona officinalis*), tuno (*axinaea macrophylla*) y el chusque (*Chusquea scandens*). Los cultivos transitorios representados en color naranja presentes en menos de un 1% de la cuenca están representados por cereales como maíz, trigo, cebada, los tubérculos como papa, algunas

oleaginosas como el ajonjolí y el algodón, hortalizas como tomate larga vida bajo invernadero y algunas especies de flores a cielo abierto y bajo invernadero (alstroemerias).

- Predios prioritarios de conservación

En el estudio identificaron 6 fincas prioritarias para conservación bajo esquema de PSA, entre los seis (6) predios suman un área estimada de 86 hectáreas, lo que corresponde casi a un 25% del área total de la cuenca, la tabla 3 identifica estas fincas y sus características.

Tabla 3. Sistemas productivos/predio

Fincas	Nombre	Área Ha	Importancia estratégica	Sistemas productivos
1	El Pino	10	Ubicado el nacedero caño Tuquinal	Ganadería doble propósito
2	Tuquinal	35	Ubicado un tanque de captación	Ganadería doble propósito
3	La Esperanza	8	Cauce en la parte alta de la Quebrada. Altamira	Ganadería doble propósito
4	Altamira	8	Nacederos de la Quebrada Altamira	Ganadería doble propósito
5	El Corte	16	Nacederos de la Quebrada Altamira	Ganadería doble propósito
6	Guayabetal	8	Aledaña a nacederos Quebrada Altamira	Ganadería doble propósito

Fuente: Autores

El uso del suelo predominante en los predios de interés de la cuenca alta Quebrada Altamira se la ganadería de doble propósito. El manejo que realizan estas fincas de sus aguas residuales se hace a través de pozo séptico, los residuos sólidos se aprovechan si son orgánicos para abonar el suelo y los restantes son quemados; en cuando al uso de agroquímicos se encontró que el cultivo de más uso de estos insumos es el lulo. Por otro lado, se presenta el problema de deforestación que hacen las fincas de la cuenca para obtener madera que es usada para "tutores" en cultivo de frijol, lulo y mora.

- Encuestas para implementación de PSA

De los entrevistados 52% fueron hombres y 48% mujeres, con respecto al nivel educativo solo un 28% terminó el bachillerato y solo el 18% termino la primaria. La actividad económica principal correspondió a 63% agricultura y un 36% ganadería; desde el punto de vista económico el 48% de los encuestados perciben ingresos económicos entre \$600.000 y \$800.000 pesos y un 40% entre \$400.000 y \$600.000, mientras que en su rango de gastos mensuales el 58% manifestó estar entre \$600.000 a \$800.000 y un 26% entre \$400.000 y \$600.000.

En cuanto a las preguntas referentes al conocimiento de la fuente hídrica el 78% manifestó conocerla, pero solo un 68% conocía el estado de los bosques en el área de su nacimiento.

Frente a las preguntas relacionadas con la calidad del servicio de acueducto se encontró que el 50% considera que el servicio es bueno, el 40% regular y el 10% malo; el 49% considera que recibe agua de buena calidad y un 43% regular; el 62% calificó como suficiente la cantidad de agua que recibe, un 28% como abundante y solo un 10% califico como deficiente, el 61% considera que paga una tarifa alta de acueducto.

Entrando a las preguntas sobre el Esquema de Pago por Servicios Ambientales, el 74% manifestó desconocimiento de esta estrategia, frente a la pregunta de si estaría dispuesto a pagar una cuota mensual adicional para protección de la cuenca, el 58% respondió que no y el 42% que sí, adicionalmente el 55% dijo que estaría dispuesto a pagar una tarifa entre \$1000 y \$2000 para este propósito, mientras que 36% entre \$2000 y \$3000 y solo un 9% entre \$3000 y \$4000; al cuestionar la razón de la negativa a pagar una tarifa adicional para un PSA la respuesta obtenida fue para el 52% por el mal servicio de acueducto prestado actualmente y el 45% porque no sabrían claramente quien maneja esos recursos.

CONCLUSIONES

La microcuenca de la quebrada Altamira tiene ecosistemas de páramo, sub-páramo y bosque alto andino de gran importancia en términos de oferta y regulación hídrica; el territorio presenta pendientes quebradas a inclinadas o mayores al 35%, lo cual le confiere fragilidad y alta susceptibilidad al deterioro, además de esta cuenca se abastece el acueducto del Corregimiento San Francisco en jurisdicción del Municipio del Calvario, allí los moradores y beneficiarios reconocen la importancia del abastecimiento de agua, y del líquido como tal; pero aún no están

conscientes en cuanto a la necesidad y responsabilidad propia en el desarrollo de acciones tendientes a la preservación y conservación de los ecosistemas de la microcuenca para garantizar en el tiempo la cantidad y calidad del líquido que abastece sus hogares.

La implementación de un Esquema de PSA puede ser financiado inicialmente a partir de capitales privados o públicos, pero no puede provenir únicamente de la comunidad dada su baja capacidad de pago, bajo número de usuarios del acueducto y falta de confiabilidad de parte de éstos en las instituciones que actualmente gestionan el recurso hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

- BanCO2. (s.f.). BanCO2 Servicios Ambientales Comunitarios. Recuperado el 09 de 03 de 2017, de <http://www.banco2.com/>
- FONAFIFO. (2016). Programa de Pago de Servicios Ambientales en Costa Rica, esquema financiero de reconocimiento de servicios ambientales. Chile. <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/10/Cristian-Diaz-y-Victor-Madriral-Costa-Rica.pdf>
- González, A., & Riascos, E. (2007). Panorama Latinoamericano del Pago por Servicios Ambientales. *Gestión y Ambiente*, Revisión. 129-144. <http://www.bdigital.unal.edu.co/13797/1/1418-6767-1-PB.pdf>
- Mora, C., Peñuela, L., & Castro, F. (2015). Estado del conocimiento de los ecosistemas de las sabanas. *ORINOQUIA*, 253-271. <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v19n2/v19n2a12.pdf>
- Municipio El Calvario. (2005). Esquema de ordenamiento territorial El Calvario. El Calvario.
- Perevochtchikova, M., & Ochoa, A. M. (2012). Avances y limitantes del Programa de Pago por Servicios Ambientales hidrológicos en México 2003-2009. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 89-112. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v3n10/v3n10a8.pdf>
- PNUD. (2008). Guía de Diagnóstico de las Condiciones Mínimas Requeridas para el Desarrollo de Esquemas de Cobro y Pago por Servicios Ambientales: Caso del Recurso Hídrico para Consumo Humano en el Ámbito Local. Costa Rica. https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/8/35988/Guia_diagnostico_Revisada_LYM_Ver_Sept_08.pdf

SERMANAT. (2004). Introducción a los servicios ambientales. México D.F.

Agradecimientos.

Este proyecto fue desarrollado gracias a la financiación de la Gobernación del Meta a través de su Programa crédito – beca 2015 del Fondo Social de la Educación Superior para jóvenes investigadores, el cual fue apoyado en su desarrollo por el Grupo de Investigación CAZAO de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia en la Zona Amazonía Orinoquía.