



**El valor de la conservación de los servicios ecosistémicos de regulación
de inundaciones asociados a bosques secundarios alto andinos usando
valoración contingente**

Daniela Cala Suárez

Director

Francisco Javier Escobedo Montoya

**Trabajo presentado como requisito para optar por el
título de Biólogo**

**Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas
Pregrado en Biología
Universidad del Rosario
Bogotá, 2018**

El valor de la conservación de los servicios ecosistémicos de regulación de inundaciones asociados a bosques secundarios alto andinos usando valoración contingente

Daniela Cala Suárez*

[*daniela.cala@urosario.edu.co](mailto:daniela.cala@urosario.edu.co). Universidad del Rosario, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Programa de Biología, Bogotá-Colombia

Director de tesis: Francisco Javier Escobedo Montoya

RESUMEN

Cambios en el uso del suelo modifican las dinámicas de las cuencas hidrográficas debido a que procesos como la infiltración, escorrentía e intercepción se ven afectados. Es así como la cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos proveídos por los bosques se han visto afectados. El municipio de Tabio, Colombia está enfrentando cambios en el uso de suelo como resultado de procesos de urbanización lo cual pone en riesgo la regulación hídrica proveída por los bosques alto andinos que lo rodean. El municipio de Tabio se encuentra localizado sobre la subcuenca río Frío la cual pertenece a la cuenca hidrográfica del río Bogotá. Una valoración contingente de estos servicios ecosistémicos permite demostrar la importancia ecológica, socio-cultural y económica de las coberturas boscosas altoandinas las cuales son valoradas en función de las materias primas que proveen, además aproximaciones de este tipo no han sido realizadas a nivel nacional. Por medio de una valoración contingente se formuló una encuesta la cual tenía como finalidad determinar la disposición a pagar por la conservación de los bosques alto andinos y sus servicios ecosistémicos, así como comprender las variables demográficas y ecológicas que influyen sobre esta variable. En este estudio se encontró que las personas identifican los bosques como reguladores de inundaciones y la edad de los encuestados determina su disposición a pagar. Estos resultados demuestran el valor, no solo económico, que los habitantes de Tabio atribuyen a sus bosques y que debería ser considerado dentro de los planes de desarrollo del municipio.

PALABRAS CLAVES: *Valoración Contingente, Bosques Alto andinos, Disposición a pagar (DAP), Servicios Ecosistémicos Hidrológicos*

INTRODUCCIÓN

La salud de un ecosistema determina la provisión de los servicios ecosistémicos esenciales para los humanos, por consiguiente, cualquier disturbio en su estructura afectará la calidad y cantidad de los servicios proveídos. En la actualidad las actividades antrópicas son el principal *motor* de cambio sobre las coberturas naturales lo cual ha generado alteraciones en la composición, estructura y funciones de los ecosistemas (Vitousek *et al.* , 1997). Como resultados, los servicios ecosistémicos proveídos se han visto degradados o incluso extenuados. Sin embargo, estas

alteraciones son consecuencia de las modificaciones sobre las dinámicas de los ciclos naturales presentes en los ecosistemas (Daily, 1997; Palmer *et al.*, 2004). Entre estos se destaca el ciclo del agua el cual al no poseer un principio ni un fin puede ser descrito en cualquier punto (Aparicio Mijares, 1992). Los bosques desempeñan un papel fundamental puesto que regulan la cantidad de agua que ingresa y sale del sistema (Bradshaw *et al.*, 2007; Clark, 1987; Nordin & Meade, 1982). Debido a esto, los bosques proveen el servicio ecosistémico provisión y regulación hídrica el cual es determinado por los procesos ecológicos de infiltración, evapotranspiración, escorrentía e intercepción realizados en conjunto por los árboles, suelos y hojarasca (Brooks *et al.*, 2003).

A pesar de que el ciclo hidrológico es el concepto fundamental de la hidrología, la cuenca hidrológica es su unidad básica de estudio (Aparicio Mijares, 1992). Esta se define como una superficie terrestre en donde la lluvia que cae tiende a ser drenada por un sistema de corrientes hacia un punto de salida y cada cuenca superficial se asocia una cuenca subterránea cuya forma es semejante a la superficial (Aparicio Mijares, 1992). El ciclo del agua, visto a nivel de la cuenca, puede ser interpretado como un estímulo generado por las precipitaciones a las cuales la cuenca responde mediante un escurrimiento. Entre el estímulo y la respuesta ocurren varios fenómenos que los condicionan, en primer lugar, las características geomorfológicas de la cuenca tales como la cantidad de coberturas boscosas, agrícolas o urbanas, en segundo lugar, fenómenos como el área de la cuenca que condicionan el volumen del escurrimiento y finalmente los fenómenos que condicionan la velocidad de respuesta como el orden de corrientes o la pendiente de la cuenca (Aparicio Mijares, 1992). Así que un disturbio a nivel local sobre alguno de estos fenómenos induciría una alteración sobre la dinámica de la cuenca. Por ejemplo, a nivel nacional, sobre la cuenca alta del Río Bogotá, se identificó una vulnerabilidad del sistema hídrico como resultado de una capacidad reducida de regulación hídrica en la subcuenca del Río Neusa como resultado de alteraciones en su estructura (CAR, 2014).

Se considera que el bienestar humano es determinado por el consumo de bienes y servicios, pero en los últimos años la economía del bienestar ha incluido dentro de este cálculo los bienes y servicios que el sistema ambiental provee a los humanos (Freeman *et al.*, 1993). La base para derivar el valor económico de los cambios sobre los recursos ambientales tiene como finalidad cuantificar los efectos sobre el bienestar humano, así como interpretar los cambios en los precios y cantidades de los productos de ciertos mercados (Freeman III *et al.*, 1993; Haab & McConnell, 2002). La valoración económica ha sido extendida a los bienes o servicios públicos no transables en mercados como por ejemplo los servicios ecosistémicos. Sin embargo, debido a su poco reconocimiento dentro de las políticas de estado, no existe un mercado apropiado para cuantificar los costos y beneficios asociados (Freeman III *et al.*, 1993).

En la actualidad existen una gran variedad de métodos que permiten cuantificar los beneficios económicos, entre estos se encuentran los métodos de preferencias declaradas usualmente desarrollados por medio de una valoración contingente (Freeman III *et al.*, 1993). En esta se busca determinar la disposición a pagar (DAP) la cual es un monto económico máximo que un individuo está dispuesto a otorgar con el fin de generar un mejoramiento o evitar una disminución en las condiciones ambientales que lo rodean. Por el contrario, la disposición a aceptar (WTA) está representada por el monto económico que un individuo está dispuesto a recibir ante un cambio ambiental que disminuirá o tendrá algún efecto sobre su bienestar (Freeman III *et al.*, 1993; Freeman *et al.*, 2014).

A pesar de que para ciertos servicios ecosistémicos habrá métodos indirectos que puedan cuantificar su valor, una valoración contingente se presenta como una herramienta que permite demostrar valores intrínsecos a las personas que están directamente expuestas a las condiciones ambientales (Diamond & Hausman, 1994; Hanemann, 1994). En Colombia, la valoración del capital natural ha tomado una mayor relevancia en los últimos años como una herramienta enfocada a la conservación (Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, 2012). Con tal fin, en regiones con alta biodiversidad se han realizado estudios de valoración contingente cuya finalidad es determinar la DAP para la conservación de dichas regiones. Los resultados de estos estudios han sido utilizados dentro de sistemas de pago por servicios ambientales (PSA) para demostrar el valor ecológico de los bosques altoandinos utilizando como referente el servicio de regulación hídrica (Rincón Ruiz et al., 2014). Así mismo dentro la Política Nacional de Gestión Integral de Biodiversidad y de sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE) se resalta la importancia de realizar una revisión cualitativa como cuantitativa de los diferentes servicios ecosistémicos, la cual toma en consideración una valoración monetaria, biofísica y sociocultural, todo enmarcada en una valoración integral (Mendoza et al., 2012).

A pesar de las múltiples críticas de la valoración contingente, este método puede demostrar valores de no uso permitiendo así una completa valoración de los aspectos ecológicos, socio culturales y económicos (Farber *et al.*, 2002; Freeman III *et al.*, 1993). Es así que por medio de este método se establece los atributos de las personas que influyen en su disposición a pagar por bienes y servicios naturales. El conocimiento de estas variables permite mejorar proyectos de conservación que requieran el aporte económico de privados como por ejemplo los bosques altoandinos presentes alrededor de las comunidades de los Andes colombianos. Es conocido que las coberturas boscosas proveen servicios de uso indirectos tales como la regulación de inundaciones, conservación del agua, captación de carbono, prevención de la erosión y recreación (Chopra, 1993; Smith, 1993; Tobias & Mendelsohn, n.d.). Durante la temporada invernal el servicio de regulación hídrica resulta fundamental puesto que el agua puede ser conducida de manera controlada hacia los ríos y así permitir un escurrimiento de las zonas afectadas (Aparicio Mijares, 1992; Brooks et al., 2003), pero en un contexto de cambio del uso del suelo dicho servicio se ve afectado (Aparicio Mijares, 1992; Brooks et al., 2003).

Estudios realizados en Norteamérica en materia de provisión y calidad de agua han identificado que variables como la edad, los ingresos e incluso el máximo nivel de estudios alcanzado son variables significativas en la DAP (Lewis *et al.*, 2017). El conocimiento de dichas variables permitirá establecer un marco de referencia para estudios de valoración contingente de servicios ecosistémicos de regulación hídrica proveídos por coberturas boscosas. A pesar de que ya existen estudios entorno a este tema (Lewis *et al.*, 2017; Tao *et al.*, 2012; Vásquez *et al.*, 2009), el contexto social y ecológico que presentan los bosques altoandinos periurbanos de los municipios de los Andes y que están atravesando procesos de urbanización distan a los estudios previos (Tao et al., 2012). Por ejemplo, un importante porcentaje de la zona rural del municipio de Tabio, Colombia se está viendo afectado por el crecimiento de Bogotá y además las zonas aledañas al cauce del río Frío se encuentran catalogadas con amenaza media por inundación durante la temporada invernal (CAR, 2006b, 2018).

Ante este contexto, ¿ es posible medir la valoración económica del servicio ecosistémico de regulación de inundaciones lo cual permitiría un mejoramiento de las estrategias de conservación de los bosques peri-urbanos de Bogotá? . Con tal fin se buscó:

1. Determinar la DAP de los habitantes de Tabio por la conservación de los bosques
2. Inferir las variables demográficas y ecológicas que influyen sobre su decisión.

Para esto y considerando el contexto colombiano, usaremos una valoración contingente para identificar las preferencias del sector público al momento de gestionar o modelar políticas ambientales y programas para la conservación de bosques y gestión de la subcuenca río Frío. Los resultados obtenidos permitirán comprender las dinámicas socio-ecológicas alrededor de las coberturas naturales de Tabio y determinar un patrón de la DAP de los habitantes del municipio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y selección de los encuestados

La colecta de datos se realizó al interior del casco urbano del municipio de Tabio en la sábana de Bogotá (Figura 1; Google Earth, 2018). Localizado en 4°54'57"N 74°05'54"O y con una superficie total de 4796 Ha, el municipio posee una vocación de carácter agrícola y área total de 7444 Ha de área rural (Alcaldía de Tabio-Cundinamarca, 2018; DANE, 2006).

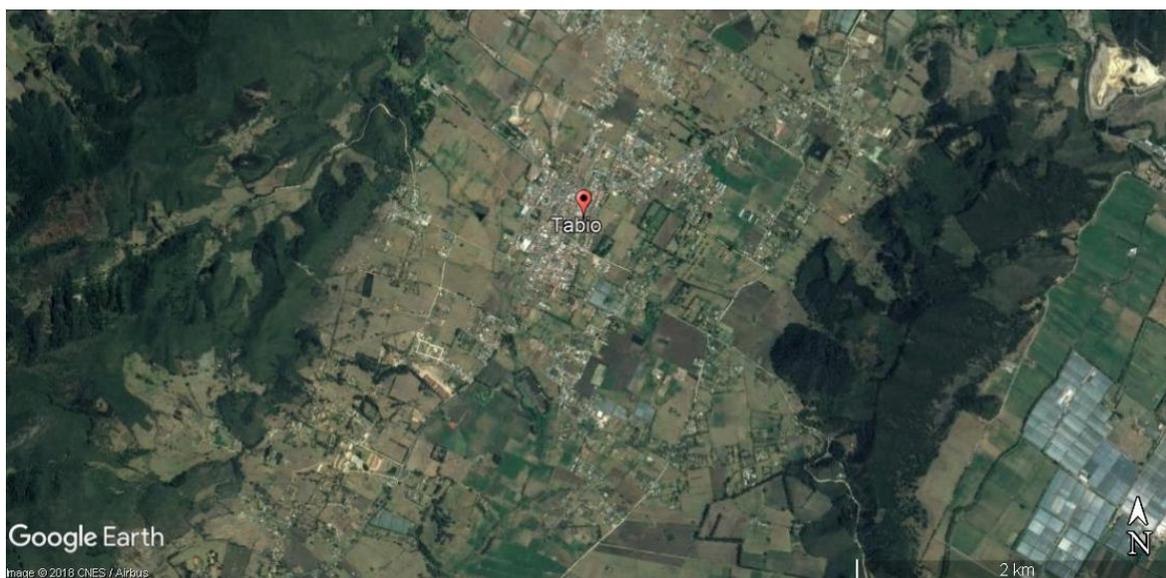


Figura 1 Área de estudio en Tabio, Cundinamarca, Colombia (Google Earth, 2018)

Localizado entre 2569 msnm en el casco urbano y 3200 msnm en su parte más alta, el municipio se encuentra localizado en un ecosistema de montaña con temperatura promedio de 14°C y aproximadamente 861 mm/año de precipitación (Alcaldía de Tabio-Cundinamarca, 2018). Las coberturas naturales corresponden a bosque nativo primario o secundario, pasturas y zonas aptas para cultivos (Alcaldía de Tabio-Cundinamarca, 2018). Debido a la fertilidad de sus suelos, considerada entre moderada y alta, el sector agrícola representa el principal motor económico del municipio (Alcaldía de Tabio-Cundinamarca, 2018). Entre las actividades económicas que se

desarrollan, la floricultura industrial y el cultivo de productos tradicionales tales como la papa y las hortalizas, así como la ganadería representan las principales fuentes de ingresos y empleo (Alcaldía de Tabio-Cundinamarca, 2018). A pesar de que en materia económica existe un amplio predominio del sector primario, el turismo también representa un motor importante debido al atractivo natural inherente al municipio.

El municipio de Tabio se localiza sobre las subcuencas Río Frío y Río Chicú las cuales pertenecen a la cuenca hidrográfica del Río Bogotá (CAR, 2006). En la subcuenca del Río Frío se presentan tres coberturas principales: Bosque alto andino, bosque secundario y matorrales. Del primero solo restan pequeños fragmentos ubicados sobre los 3100 m.s.n.m, mientras que el segundo ubicado sobre los 3000 m.s.n.m es el resultado de esfuerzos de reforestación de décadas pasadas. En las últimas décadas se observado como los bosques naturales, primarios como secundarios de la subcuenca del río Frío, han disminuido su extensión en aproximadamente 904 Ha (CAR, 2006a). En paralelo coberturas correspondientes a áreas urbanas, invernaderos y cultivos han presentado un aumento desde 1985 siendo las áreas urbanas las de mayor crecimiento con aproximadamente 875 Ha (CAR, 2006b). Estas dinámicas, igualmente observables sobre la subcuenca del Río Chicú, son prueba de un cambio en el uso del suelo en las subcuencas sobre las cuales el municipio de Tabio está asentado (CAR, 2006b, 2006a). Por lo anterior, la subcuenca del Río Frío y parte de la subcuenca del Río Chicú se encuentran catalogadas con el grado alto para el conflicto por pérdida de cobertura en área y ecosistemas (CAR, 2018).

Desde mediados de 1950 la población municipal ha experimentado un aumento debido a que se encuentra a 45 km de Bogotá D.C y más recientemente como resultado del déficit urbanístico que se presenta en la capital (Alcaldía de Tabio-Cundinamarca, 2018). Debido a estas razones la población tiende a incrementarse en más de 1,5% anual lo cual está desbordando la capacidad de gestión desarrollada por el municipio. En términos demográficos, para el año 2009 el 50% de población estaba compuesta por menores de 25 años mientras que solo el 4% la comprendían personas mayores de 64 años (DANE, 2006). En términos educativos el 88,5% de la población mayor a 5 años sabe leer y escribir siendo la secundaria el máximo nivel educativo alcanzado por la mayoría de la población.

Considerando el riesgo de inundación al cual están expuestos ciertos residentes de Tabio, el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT, 2001) estableció una serie de lineamientos en materia ambiental que el gobierno de turno debe acatar. El primero de estos establece que las rondas hídricas son zonas de conservación ambiental en las cuales está prohibido el desarrollo de proyectos urbanísticos tales como la construcción de viviendas. Así mismo se declara dichas zonas como áreas de infiltración para la recarga de acuíferos las cuales permiten la infiltración, circulación y tránsito de aguas entre la superficie y el subsuelo, en las cuales únicamente se puede llevar a cabo un uso forestal protector con especies nativas. El segundo, declara las partes altas de las cuencas de los principales ríos que surten de agua al municipio como zonas de conservación y restauración de suelos. Finalmente, los suelos destinados para la agricultura y ganadería podrán ser únicamente utilizados para dichas finalidades siendo toda construcción prohibida. En materia de conservación, la subcuenca del Río Frío posee áreas protegidas las cuales corresponden al nacimiento de las quebrada Honda y Calderitas y los de ríos Subachoque y Susagua las cuales fueron establecidas con el fin de aumentar la conectividad con las subcuencas circundantes.

Elaboración y aplicación de la encuesta

Se realizó una valoración contingente (CV) la cual es la técnica más reconocida y empleada dentro de los métodos de preferencias declaradas (Freeman III *et al.*, 1993). La encuesta elaborada comprendía tres secciones: una demográfica, una hidro-ecológica y finalmente una económica las cuales son resumidas dentro de la tabla 1.

Tabla 1 Descripción de las preguntas realizadas dentro de la encuesta de valoración contingente en Tabio, Colombia.

Variable	Pregunta	Unidad
1.Ingresos económicos	Los ingresos de su hogar el mes pasado se encuentran en el rango de: <ul style="list-style-type: none"> • 1-2 salarios mínimos vigentes • 2-3 salarios mínimos vigentes • Más de tres salarios mínimos 	Categoría
2.Uso de escenarios naturales	Veces que visita los cerros de Tabio o las termales	Numérica
3.Conciencia ambiental	¿Usted se preocupa por el medio ambiente?	Dicotómica
4.Conocimiento ciclo del agua	¿Usted considera que conoce el ciclo del agua	Dicotómica
5.Conocimiento papel de los bosques en el ciclo del agua	¿Cree usted que los bosques tienen algún papel dentro del ciclo del agua?	Dicotómica
6.Conocimiento de las funciones ecológicas de los arboles	¿Cuáles de las siguientes características cree que tienen los árboles que forman parte de los bosques? <ul style="list-style-type: none"> • Captura de agua • Evita la erosión del suelo • Realiza fotosíntesis • Humedecen la atmósfera • Compite con el pasto del ganado • Generan costos o problemas • Ninguna de las anteriores • Para mí no son importantes los árboles ¿Por qué? 	Categoría
7.Relación inundaciones y bosques	¿Usted cree que el número de inundaciones sería el mismo con presencia que con ausencia de un bosque?	Dicotómica
8.Relación estado de conservación de los bosques e inundaciones	¿Usted cree que el estado de conservación de los bosques influye en su capacidad de prevenir inundaciones?	Dicotómica
9.Percepción eficiencia de infiltración bosques vs alcantarillado	¿Usted considera que un bosque es más eficiente previniendo inundaciones que un sistema de alcantarillado?	Dicotómica
10.Percepción estado de conservación de los bosques	En una escala de 1-5, siendo 1 “muy malo” y 5 “excelente”, ¿en qué estado cree usted que se encuentra la vegetación de los bosques aledaños?	Categoría
11.Conocimiento fuente hídrica que abastece al pueblo	¿Sabe usted de donde (ecosistema o cuenca) proviene el agua que consume?	Dicotómica
12.Disposición a pagar por la conservación de los bosques	¿Usted estaría dispuesto a pagar un monto adicional cada mes dentro de la factura de alcantarillado (agua), durante 10 años, y que sean destinados a la conservación del bosque?	Dicotómica
13. Monto máximo de pago	<ul style="list-style-type: none"> • Pagaría \$2.500 • Pagaría \$5.000 • Pagaría \$10.000 • Pagaría \$20.000 • Pagaría \$40.000 	Categoría
14. Razón de no pago	<ul style="list-style-type: none"> • El precio es muy alto • No le alcanzan sus ingresos • No cree que el proyecto sea importante • Porque hay mucha corrupción • Porque el gobierno es el que debe pagar Otra, ¿Cuál?	Categoría
15. Dudas en la decisión	¿Está seguro o tiene dudas de esta decisión?	Dicotómica

En la primera parte se siguió una estructura generalmente utilizada en la cual se buscaba comprender el contexto socioeconómico de la persona (Mavsar Robert, 2010). La segunda parte determinó la comprensión general de las personas hacia conceptos del ciclo del agua tales como la infiltración, escorrentía, evapotranspiración y el papel de los bosques a nivel de la cuenca y paisaje sobre este. Para esto, se comenzó preguntando por la posición de las personas ante el medio ambiente buscando comprender si poseían una conciencia ambiental (*Pregunta 3, Tabla 1*). Seguido a esto se realizó una pregunta que buscaba reconocer el conocimiento de la persona hacia el ciclo del agua y de tener una respuesta afirmativa se corroborada pidiéndole que explicara el ciclo a partir de una imagen mostrada (*pregunta 4, Tabla 1*). Posteriormente se preguntó si los bosques desempeñan un papel dentro del ciclo del agua (*pregunta 5, Tabla 1*) y seguido a esto, se evaluó a partir de una lista de funciones ecológicas proveída cuales de estas asignaban a los árboles que componen los bosques (*pregunta 6, tabla 1*). A continuación, se buscó entender si las personas percibían un mayor número de inundaciones después de procesos de deforestación (*pregunta 7, tabla 1*), si el estado de conservación de los bosques influye sobre la regulación hídrica que prestan (*pregunta 8, tabla 1*) y si los bosques son más eficientes previniendo inundaciones que el alcantarillado (*pregunta 9, tabla 1*). Posteriormente se preguntó por la percepción del estado ambiental de los bosques utilizando una escala que iniciaba con “*muy malo*” y terminaba en “*excelente*” (*pregunta 10, tabla 1*). Después se evaluó el conocimiento por la fuente hídrica que abastece al acueducto del pueblo (*pregunta 11, tabla 1*).

Finalmente, dentro del tercer componente económico se preguntó a los encuestados su DAP por la conservación de estos bosques con el fin de preservar los servicios de regulación que prestan (*pregunta 12, tabla 1*). La estructura de la pregunta realizada siguió los lineamientos de una pregunta “*Open-ended*” la cual tuvo la forma ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por la conservación de los bosques? Si se obtenía una pregunta positiva, el encuestado era enfrentado a un listado de precios los cuales iniciaban en \$2.500 y aumentaban del doble hasta alcanzar un máximo \$40.000 del cual escogía uno (*pregunta 13, tabla 1*). Si se obtenía una respuesta negativa hacia la DAP se preguntaba al encuestado la razón por la cual no accedía como una forma de evitar tener respuestas protesta en la cual el individuo rechaza el escenarios del mercado planteado pero sí reconoce el valor de positivo del servicios ambiental evaluado (Freeman III et al., 1993) (*pregunta 14, tabla 1*). Para terminar, se realizó una pregunta que buscaba comprender si había algún mecanismo con el vehículo de pago que inquietara al encuestado (*pregunta 15, Tabla 1*) pero desafortunadamente los individuos que no estaban dispuesto a pagar asumían que la pregunta 14 y 15 eran la misma así que no respondían a la última.

Dentro de una valoración contingente se ha establecido que el contexto detrás de la DAP debe estar enmarcado dentro de un sólido vehículo de pago, el cual debe ser lo más próximo posible de la realidad con el fin de que las personas sientan un compromiso y seguridad al momento de pagar (Arrow et al., 1993; Farber et al., 2002). Dentro de la encuesta se estableció que el dinero sería colectado mensualmente durante un lapso de 10 años dentro de la factura de agua que pagan regularmente. Establecer el responsable que colecte y maneje el dinero al igual que el tiempo durante el cual será descontado ha sido identificado como fundamental en múltiples estudios (Arrow et al., 1993; Freeman III et al., 1993; Hanemann, 1994).

Con el fin analizar la efectividad de la encuesta se realizó una prueba inicial sobre los habitantes del municipio de Torca, Cundinamarca donde se logró encuestar a 15 personas en

particular amas de casa (85 %), localizado a proximidad del campus norte de la Universidad del Rosario en Bogotá. A partir de esto se identificó que las preguntas del salario, gastos y DAP presentaban problemas. Para la primera, se observó que los encuestados sentían desconfianza al momento de decir su salario exacto así que se reformuló la pregunta estableciendo tres categorías: de 1 s.m.m a 2 s.m.m, de 2 s.m.m a 3 s.m.m y más de 3 s.m.m. Respecto a los gastos mensuales se optó por preguntar si sus ingresos eran: insuficientes, suficientes o más que suficientes para cubrir los gastos mensuales. Finalmente, la pregunta de la DAP había sido planteada bajo la forma de subasta, en donde inicialmente se preguntaba a la persona si estaba a pagar \$2.000 por la conservación de los bosques y si esta accedía se le proponía pagar \$4.000. En caso de que no aceptara pagar \$2.000 se proponía pagar \$1.000, si nuevamente no aceptada se preguntaba la razón lo cual no lo hacía. Se observó que esta metodología resultaba ser confusa así se optó por establecer la forma observada en las preguntas 12 y 13 (Tabla 1). La versión final fue realizada dentro del municipio de Tabio, Bogotá a personas presentes en espacios públicos durante toda la jornada del sábado 7 de abril del 2018. Como requerimiento adicional los encuestados debían firmar un consentimiento informado en el cual era explícito los objetivos y finalidad del estudio.

Estructuración de los datos y análisis estadísticos

En estudios anteriores (Haab & McConnell, 2002; Morrison & Brown, 2009) preguntas que involucran respuestas de carácter Sí/No fueron ingresadas bajo la forma de variables *dummy*, donde 0 corresponde a una respuesta negativa mientras que 1 a una respuesta positiva. Para facilitar análisis posteriores aquellas variables que no seguían esta estructura fueron recategorizadas siguiendo el mismo procedimiento de 1 y 0.

Una vez que todas las variables compartían el mismo formato, se seleccionó un modelo de regresión logística, determinado como el adecuado para estudiar variables de respuesta binaria (Colin & Trivedi, 2005) . En este se tomó como variables independientes las todas variables demográficas como hidro-ecológicas que fueron determinadas por medio de la encuesta, como variable dependiente se utilizó la DAP y se estableció como valor de significancia un $p < 0,05$. Según la literatura y el análisis de Generalized Linear Mixed Model (GLM), variables que presentaran un $p > 0,1$ no fueron descartadas (Tablas 1, Anexos A y B) (Colin & Trivedi, 2005). Las variables que mostraron una significancia respecto a la DAP fueron utilizadas para formular una función de pago que evaluara la disposición a pagar de los habitantes de Tabio por la conservación de los servicios ecosistémicos hidrológicos. Dichos análisis fueron realizados sobre RStudio versión 1.1.442 (RStudio, 2016)

Modelo conceptual de la función de pago

Estudios anteriores han determinado que diversas variables tales como demográficas, ecológicas y geográficas pueden ser determinantes dentro del DAP personal (Gramlich, 1977; R. R. Lewis, 2005). Dado este precedente se realizó una revisión bibliográfica en el Environmental Valuation Reference Inventory (EVRI; EVRI, 2018) en la cual se buscó estudios de DAP por la conservación servicios ecosistémicos relevantes a nuestro estudio (Tabla 2). Con tal fin se utilizaron como palabras claves “*synthesis analysis*”, “*water general*”, “*stated preference*”, “*ecological functions*” y “*willingness to pay*”.

Tabla 2 Variables ecológicas, demográficas y geográficas de los habitantes de Tabio, Colombia que influyen sobre su disposición a pagar (DAP) por la conservación de los bosques.

Variable determinada como determinante dentro DAP	Categoría a la cual pertenece la variable	Estudió en el cual se realizó
Monto dispuesto a pagar	Económica	Lewis <i>et al</i> (2017)
Edad	Demográfica	Halkos <i>et al</i> (2012) Alemayehu <i>et al</i> (2009)
Educación	Demográfica	Ángel-Pérez <i>et al</i> (2009)
Preocupación por el medio ambiente	Demográfica	Lewis <i>et al</i> (2017)
Ingresos del hogar	Demográfica	Turpie (2003)
Cercanía al ecosistema	Geográfica	(Moreno <i>et al</i> (2012)
Experiencias con emergencias	Demográfica	Tao <i>et al</i> (2012)

Posteriormente se estableció una función de utilidad que considerara las características y percepciones de los encuestados con respecto a los beneficios que obtienen de las coberturas naturales que los rodean. Como variables exploratorias de la función de pago se seleccionaron aquellas que demostraron una correlación positiva con la disposición a pagar, así mismo se encontraron otras variables que presentaron tendencias de interés (Tabla 3).

Tabla 3 Estadísticos de correlación entre variables dependientes (modelo 1,2 y3) respecto a variables independientes como la edad, sexo y las inundaciones, todas evaluadas mediante la encuesta

Variable independiente	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
	Disposición a pagar	Conocimiento de la fuente que abastece a Tabio	Conocimiento el ciclo hídrico
	<i>P-value</i>	<i>P-value</i>	<i>P-value</i>
Edad	0,006*	0,07	0,43
Sexo	0,46	0,91	0,82
Inundaciones y estado de conservación de los bosques	0,06	n.a	0,27

Estudios anteriores han demostrado que la función de pago puede estar determinada por el monto a pagar, los ingresos de las personas y la percepción que tienen las personas hacia el recurso natural valorado (Aguilar *et al.*, 2018; Lewis *et al.*, 2017). Las variables obtenidas fueron estudiadas por medio del modelo logístico (Colin & Trivedi, 2005; Wooldridge, 2013). Dentro de las variables estudiadas se encontró que la edad presentó únicamente una correlación significativa

respecto a la DAP ($p\text{-value} < 0,05$). Esta variable es continua y numérica, varía entre 17 y 88 años y la mayoría de los encuestados dijeron ser menores a 60 años.

$$\text{Log(DAP)} = \beta_0 + \beta_1 \text{Edad} + \varepsilon$$

Donde el DAP es el resultado de un modelo logístico que representa la disposición a pagar mensual por la conservación de los bosques. β_{0-1} corresponden a coeficientes para el estudio y características demográficas (Edad) y ε el error del modelo.

RESULTADOS

Características socio-económicas

Nuestra muestra final consistió en 50 encuestas realizadas con una proporción similar entre sexos. La distribución de edades demostró los adultos (30-60) y jóvenes (17-30) fueron los grupos más representados con una frecuencia del 50% y 34% respectivamente, así mismo, la mitad de la población de estudio ha cursado una educación media 50% mientras que los niveles más especializados son poco representados. Considerando la vocación agrícola que posee el municipio de Tabio, el 70% de los encuestados declaró ganar entre 1 s.m.m y 2 s.m.m lo cual concuerda con el sector económico dentro del municipio (Tabla 4).

Tabla 4 Análisis de frecuencias sobre las variables demográficas en Tabio, Colombia

Variable	Porcentaje sobre el total de la muestra						
Sexo	Mujeres 46%			Hombres 54%			
Edad	Jóvenes (17-30) 34%		Adultos (30-60) 50%			Tercera edad (60-88) 16%	
Estudios	Ninguno 4%	Primaria 8%	Bachillerato 42%	Técnico 18%	Técnico Profesional 14%	Profesional 12%	Posgrado 2%
Ingresos	1 smm - 2 smm 72%		2 smm - 3 smm 20%			> 3 smm 8%	

Percepciones hidro-ecológicas

La población demostró en la mayoría tener un conocimiento del ciclo hídrico, del papel de los bosques dentro de este y de funciones ecológicas realizadas por los árboles (Tabla 5). El 98% de los encuestados demostró tener un conocimiento general sobre el ciclo del agua e identificó que los bosques poseen un papel dentro de él (Tabla 5). Al evaluar la función ecológica intrínseca a cada árbol se encontró que concepto tales como transpiración, intercepción y metabolismo son identificados por medio de términos como “absorción de agua”, “prevención de la erosión del suelo”, “realizan fotosíntesis” y “humedecen la atmosfera” presentes en la pregunta 6 (Tabla 1).

Adicionalmente el 24% de los encuestados identificó que los arboles generan algún tipo de problemas tales como costos de mantenimiento o destrucción de propiedad privada (Tabla 5).

Tabla 5 Percepción de las funciones hidro- ecológicas de los bosques en Tabio, Colombia

	Respuestas afirmativas (%)
Interés por la naturaleza	98%
Conocimiento ciclo del agua	66%
Conocimiento papel de los bosques dentro del ciclo del agua	98%
Los arboles absorben agua	96%
Las arboles previenen la erosión	100%
Los arboles realizan fotosíntesis	80%
Los arboles humedecen la atmosfera	88%
Los arboles no realizan ninguna de las funciones mencionadas	0%
Los árboles y diservicios	24%
Los arboles no son importante	0%
Inundaciones y presencia de arboles	90%
Inundaciones, alcantarillado y bosques	62%
Inundaciones y estado de conservación bosques	86%
Conoce cuál fuente hídrica abastece a Tabio	66%
Disposición a pagar	62%

Al evaluar la percepción entre la relación de inundaciones y arboles se obtuvo que el 90% de los encuestados identifican que los arboles disminuyen la frecuencia de las inundaciones (Tabla 5). Así mismo el estado de conservación de los bosques es identificado como un factor que puede influir sobre la capacidad de regular inundaciones. Cuando se preguntó sobre la eficiencia entre bosques y alcantarillado para prevenir inundaciones, el 66% de los encuestados identificaron que los bosques son más eficientes puesto que no presentan fallas en su funcionamiento y además prestan otros servicios diferentes a la regulación de inundaciones (Tabla 5). Con relación a las actividades antropogénicas que se están desarrollando en cercanía al casco urbano de Tabio, es posible evidenciar que el efecto negativo que estas tienen sobre los bosques es completamente identificable por los encuestados. De hecho, al momento de calificar el estado de conservación de los bosques el 40% de las personas los calificaron como regulares o buenos, al preguntar la razón de esta decisión el argumento mencionado en el 82% de los casos consistía en que en los últimos años la deforestación ha aumentado y en paralelo no se ha adelantado programas de reforestación (datos no mostrados). Finalmente, el 66% de los encuestados mencionaron que el acueducto del pueblo es abastecido por ríos tales como el Río Frío u otras quebradas (Tabla 5).

La identificación de servicios ecosistémicos hidrológicos prestados por los bosques demuestra que estas personas identifican los bosques como proveedores de un conjunto de servicios los cuales así no sean evaluados por medio de un valor económico sí son consumidos y valorados desde un contexto diferente al económico. De la misma forma que son valorados

positivamente, el 24% de los encuestados menciona que los árboles pueden ocasionar algún tipo de diservicio como los costos económicos que pueden ocasionar con el fin de mantenerlos o los que generan cuando caen sobre algún bien (Tabla 5). Finalmente, por medio de las respuestas obtenidas resulta difícil determinar si efectivamente las personas identifican el papel de estos bosques a nivel de la cuenca del río Bogotá, es claro que a nivel local reconocen su importancia debido al rol que desempeñan como reguladores del flujo de agua e infiltración, pero por ejemplo no se determinó si estos bosques podrían influir sobre el caudal del río Frío.

Función de pago

La edad al ser la única variable que presentó una correlación significativa ($p > 0.05$) con la DAP es incluida dentro de la función de pago, otras variables demográficas y ecológicas no son consideradas dentro de esta función (Tabla 1, Anexos A y B). Al momento de analizar el monto que hipotéticamente los voluntarios estarían dispuestos a otorgar para la conservación de los bosques se pudo identificar que el monto de \$2.500 fue el más escogido seguido por el de \$5.000 COP (Figura 2). Si se observa el rango de salarios que componen la disposición a pagar es visible que el mayor número de encuestados de esta categoría poseen un salario que oscila entre 1 s.m.m y 2 s.m.m, considerando que a mayor restricción presupuestal las personas tienden a ser más medidas en sus gastos lo cual pueda explicar porque el monto de \$2.500 fue el más seleccionado. Sin embargo, aquí vale la pena recordar que el 70% de los encuestados afirmaron ganar este sueldo lo cual no hace apropiado una comparación entre el monto dispuesto a otorgar y el salario puesto que la categoría más baja de salario esta sobre representada. Así mismo es visible que existe cierta aversión hacia el pago del monto máximo. A pesar de que, únicamente la edad presento una significancia, esto no excluye a que otras variables posean un peso sobre la función de pago.

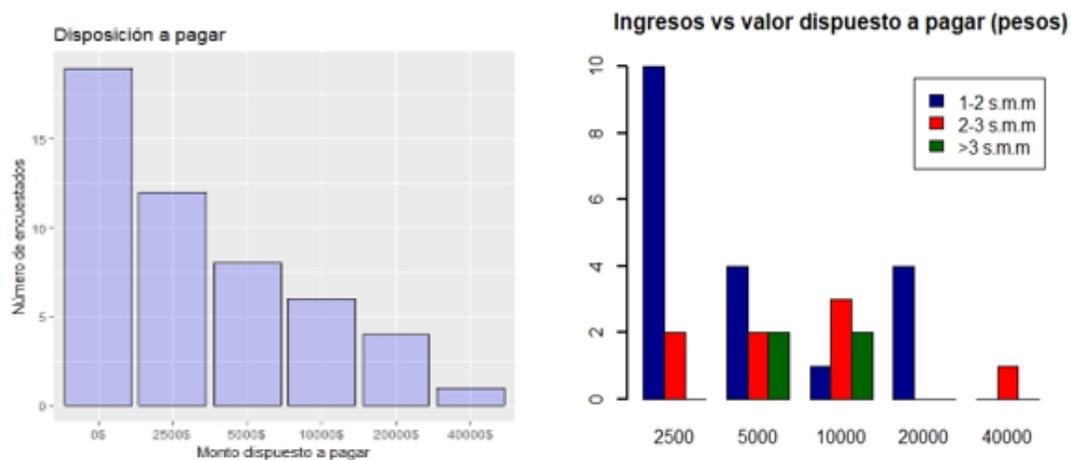


Figura 2 Disposición a Pagar (DAP; \$COPs) para la conservación de bosques Alto andinos en función del valor propuesto y DAP en función de los ingresos en salario mínimo mensual (s.m.m.)

DISCUSIÓN

Más de la mitad de los habitantes de Tabio están dispuestos a pagar por la conservación de los bosques. Además, de los valores propuestos se pudo observar que existe una relación negativa entre el monto y el número de personas dispuestas a pagar dicho valor. Estudios de valoración realizados anteriormente han encontrado el mismo patrón y además han observado que la disposición a pagar está comprendida entre un determinado rango (Daza *et al.*, 2009) el cual en nuestro caso varió entre \$2.500 COP y \$5.000 COP. La DAP por la conservación de los bosques altoandinos demuestra el reconocimiento que los pobladores de Tabio tienen hacia las coberturas naturales y los servicios ecosistémicos que prestan.

Los coeficientes de correlación entre la función de pago y las variables demográficas y ecológicas son concordantes con estudios anteriores (Alemayehu *et al.*, 2009; del Ángel-Pérez *et al.*, 2009; Gramlich, 1977; Halkos & Matsiori, 2012; Lewis *et al.*, 2017; Moreno-Sanchez *et al.*, 2012; Pate & Loomis, 1997; Pearce *et al.*, 1993; Turpie, 2003). El bajo número de encuestas realizadas influyó en que únicamente la edad y la disposición a pagar tuvieran una correlación significativa, en donde ser un joven adulto (menor de 30 años) predispone a que la persona pague. Estudios anteriores han demostrado que los jóvenes, debido a su corta edad, no han estado expuestos a proyectos de conservación que se mostraban prometedores pero que con el paso del tiempo han fracasado, por el contrario los adultos al haber vivido tales experiencias se muestran reticentes al momento de colaborar económicamente a menos que tengan una completa certeza que el proyecto tendrá éxito (Desvousges *et al.*, 1987; Gramlich, 1977).

A pesar de que nuestra restricción en materia de encuestas realizadas evitó que se encontrarán otras correlaciones significativas, fue posible observar tendencias en variables como la finca raíz, el conocimiento de las funciones ecológicas proveídas por los árboles y su función dentro del ciclo hídrico (Tabla 5). Estas dos últimas variables son fundamentales puesto que permitieron demostrar que las personas identifican los servicios indirectos que están consumiendo de los bosques (Pearce & Moran, 1994). A pesar de que dichos servicios no poseen un valor de intercambio asociado que permita demostrar su valor, se pudo demostrar que las personas identifican valores de no uso para las coberturas boscosas que los rodean. Si evaluamos los niveles de demanda asociados a estos bosques se puede establecer que variables como la prevención de inundaciones e incluso valores recreativos son considerados por las personas.

Los encuestados que afirmaron que los bosques son más eficientes que el alcantarillado para prevenir inundaciones puede deberse al hecho de que la cobertura del alcantarillado de Tabio únicamente se extiende al casco urbano del municipio. Además, estudios anteriores han demostrado que la presencia de bienes sustitutos al servicio valorado disminuye la disposición a pagar por este último (Freeman III *et al.*, 1993). Considerando la escasa cobertura de este servicio público es posible considerar que este no es lo suficientemente importante como ser considerado un apropiado bien sustituto llevando a que las personas estén dispuestas a pagar por la conservación de los bosques. Por otra parte, durante la temporada de verano estos bosques son susceptibles de incendiarse (CAR, 2018), así que las personas pueden estar considerando este factor como un diservicio y así no contribuir a su conservación.

La valoración económica de un bien depende del conocimiento que las personas tengan de este, por ende estimar la disposición a pagar por un bien o servicio se vuelve más difícil a medida que la persona es menos familiar y que el objeto en cuestión es complejo de evaluar (Brown, 2003).

En nuestro caso los encuestados identificaron las funciones ecológicas proveídas por los bosques al interior del ciclo del agua y además los frecuentan de manera continua, dichas características han sido reconocidas como influyentes sobre la DAP por proyectos de conservación (Pate & Loomis, 1997).

Por otra parte, cuando se les preguntó evaluar el estado ambiental de los bosques la mayoría consideró que estos se encuentran en un estado regular y bueno de conservación (82 %), lo cual establece un precedente respecto a la percepción que tienen las personas. Además de esto, muchos de los *trade-off* asociados a servicios ecosistémicos se expresan en áreas remotas al sitio de degradación ecológica, en el caso particular de los servicios de regulación hídrica la conversión de bosques a áreas agrícolas se ve expresada en un cambio de las frecuencias de inundaciones corriente abajo (Millenium Ecosystem Assesment, 2005). Se ha identificado que la distancia existente entre la persona y el servicio ecosistémico que está evaluando influye en su disposición a pagar, a medida que su domicilio se aleja del ecosistema proveedor su disposición a pagar disminuye gradualmente (Pate & Loomis, 1997; Soto *et al.*, 2018). En nuestro caso la mayoría de los encuestados viven dentro del municipio de Tabio, ya sea en su casco urbano o zona rural, así que diariamente están expuestos a los bosques que rodean al pueblo, incidiendo así sobre su disposición a pagar.

Finalmente una de las variables con más peso sobre el DAP es la posesión de finca raíz, al momento de realizar proyectos de conservación o restauración cercanos a propiedades privadas se ha identificado que estas se valorizan (Gramlich, 1977). Esto llevaría a que al momento de aportar recursos económicos a proyectos de estas características la inversión en este resulte insignificante respecto a los beneficios que aportará sobre la finca raíz. En un contexto de inundaciones, la propiedad ya no estaría ubicada sobre una zona de amenaza lo cual, en nuestro caso puede estar incidiendo puesto que la mitad de las personas dispuestas a pagar son propietarios de finca raíz. Aquí es importante mencionar que el tiempo de posesión puede influir puesto que durante este la persona pudo haber experimentado eventos adversos lo cual la hace más sensible a evitarlos en un futuro.

La valoración económica total de los recursos naturales o bienes ambientales debe cuantificar los valores de uso como los valores de no uso, determinar los primeros es mucho más fácil puesto que el valor de intercambio es utilizado como referencia. Sin embargo, determinar los segundos trae consigo múltiples controversias puesto se entra a cuantificar valores socio-culturales y ecológicos para los cuales no existe un mercado de referencia pero que si inciden sobre el bienestar de las personas (Freeman III *et al.*, 1993). La valoración de estos últimos está expuesta a varias controversias, en primer lugar la escala y el enfoque otorgado a la encuesta ha sido identificado como elementos a cuidar (Arrow *et al.*, 1993).

En nuestro caso se partió de la escala de los árboles y posteriormente se quiso extrapolar a escala de la subcuenca del río Frío, sin embargo, no establecimos una variable que relacionara los arboles con un efecto a nivel de subcuenca, como por ejemplo el caudal del río Frío. Considerando esto es posible que exista una incomprensión entre la relación de los bosque y ciclo hídrico a nivel de la cuenca o subcuenca. Por otra parte, la forma como las preguntas están estructuradas y formuladas influye en la decisión de la persona (Arrow *et al.*, 1993). De no establecerse un contexto relevante, la persona podría estar diciendo lo contrario a lo realmente que piensa con el fin de no

ser juzgado. En nuestro caso el 98% de las personas manifestaron una posición ambiental favorable por la protección de la naturaleza, pero al momento de preguntar la razón argumentaban que acciones favorables al medio ambiente emprendían y no la razón por la cual lo hacían. Aquí es posible imaginar que el encuestador ejercía cierta presión social sobre la persona o que este último quería salir rápido de la encuesta y no ponía atención a la pregunta. Por otra parte, determinar variables demográficas tal y como los ingresos fue bastante difícil dado que las personas se mostraron reticentes a informar el valor específico lo cual llevo a que generalizáramos los ingresos bajo tres categorías. Problemas como este indican que preguntas sensibles como los ingresos debieron ser formuladas al final de la encuesta con el fin realizarlas cuando el encuestado se sintiera en confianza.

Por otra parte, al momento de realizar encuestas de este tipo es necesario establecer un guion estandarizado de la encuesta la cual debe ser seguido por los encuestadores. Desafortunadamente esto no se realizó otorgando un rango de libertad a los encuestadores que incidió en la no toma de ciertas preguntas. Respecto a la pregunta de la disposición a pagar no se fue conciso respecto al valor, de hecho, se especificó en la siguiente pregunta, y al tipo de acciones de conservación que llevarían a cabo. Esta desinformación pudo a ver incidido sobre la decisión de pago, positiva como negativa, de las personas. Sin embargo, los valores de correlación, significativos o no demuestran la eficiencia de la encuesta la cual debe ser aplicada a más personas con el fin de corroborar las tendencias observadas.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio demuestran que los habitantes de Tabio perciben a los bosques como proveedores de servicios directos e indirectos como la mitigación de inundaciones. La valoración del servicio ecosistémico de mitigación de inundaciones nunca había sido implementada en Colombia y los resultados encontrados permiten establecer variables demográficas y ecológicas que las personas consideran importantes al momento de pagar por la conservación de los bosques alto andinos.

A pesar de que ya existen planes de conservación sobre las rondas hídricas que abastecen al acueducto de Tabio, es evidente que los disturbios que se están desarrollando sobre la subcuenca del río Frio poseen una mayor magnitud que las acciones de conservación emprendidas. Ante el crecimiento poblacional que está presentando el pueblo, la demanda en materia de servicios hídricos, ya sea de provisión o de regulación, va en aumento. Sin embargo, de querer mantener y aumentar dichos servicios se debe priorizar la forma como estos son ofertados de manera natural por los bosques alto andinos y por la cuenca sobre la cual se localizan. Considerar y preservar los procesos ecológicos que soportan dichos servicios puede tener resultados costo efectivos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias a la colaboración de varias personas las cuales por medio de sus conocimientos y experiencias aportaron valiosos comentarios en diferentes etapas del proyecto. A mis compañeros de sistemas socio-ecológicos agradezco su activa participación durante la toma de datos, a mis compañeras del curso de servicios ecosistémicos agradezco sus aportes antes, durante y después de la realización de la encuesta. Quisiera reconocer de manera particular el valioso aporte que Carlos Fabián Morantes Ariza realizó durante la fase de análisis estadísticos y a los Drs Fernando Carriazo y José Soto por su asistencia con el análisis econométrico. También quisiera agradecer los comentarios, correcciones y sugerencias que mi director de tesis, Francisco Javier Escobedo Montoya realizó desde el inicio hasta el final del proyecto. Finalmente agradezco al proyecto Estudio de dinámica socio-ecológica ante escenarios de cambio climático en bosques secundarios peri-urbanos Alto andinos, contrato 046 de 2017, código 122274558511. A todos los no mencionados muchas gracias.

REFERENCIAS

- Aguilar, F. X., Obeng, E. A., & Cai, Z. (2018). Water quality improvements elicit consistent willingness-to-pay for the enhancement of forested watershed ecosystem services. *Ecosystem Services*, 30, 158–171. <http://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.02.012>
- Alcadía de Tabio- Cundinamarca. (2018). Nuestro Municipio- Información general. Retrieved May 22, 2018, from http://www.tabio-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml
- Alemayehu, B., Hagos, F., Hailelassie, A., Mapedza, E., Awulachew, S. B., Peden, D., & Tafesse, T. (2009). Prospect of payments for environmental services in the Blue Nile Basin: examples from Koga and Gumera watersheds, Ethiopia. Retrieved from <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/38182>
- Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie*. Noriega Editores. Retrieved from https://books.google.com.co/books?id=ZDEZSAAACAAJ&dq=fundamentos+de+hidrología+de+superficie&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiuv_HE7bfbAhXRxlkKHRmZAIkQ6AEIjzAA
- Arrow, K., Solow, R., Portney, P. R., Leamer, E. E., Radner, R., & Schuman, H. (1993). Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation. *Federal Register*, 58(10), 4601–4614. <http://doi.org/10.1258/095646202760029804>
- Bradshaw, C. J. A., Sodhi, N. S., Peh, K. S. H., & Brook, B. W. (2007). Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world. *Global Change Biology*, 13(11), 2379–2395. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01446.x>
- Brooks, K., Ffolliott, P. F., & Magner, J. A. (2003). *Hydrology and the Management of Watersheds. Soil Science* (Third edit, Vol. 168). Wiley-Blackwell. <http://doi.org/10.1097/01.ss.0000100476.96182.cd>
- Brown, T. C. (2003). Introduction to Stated Preference Methods. In *A primer on Nonmarket Valuation* (pp. 99–110). http://doi.org/10.1007/978-94-007-0826-6_4
- Chopra, K. (1993). The value of non-timber forest products: An estimation for tropical deciduous

- forests in India. *Economic Botany*, 47(3), 251–257. <http://doi.org/10.1007/BF02862291>
- Clark, C. (1987). SHORT COMMUNICATIONS & REPORTS Deforestation and Floods, 14(1), 67–69.
- Colin, C., & Trivedi, P. (2005). *Microeconometrics*.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. (2006a). Elaboración del diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica del río Bogotá, subcuenca río Frío-2002-2012, 453.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. (2006b). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá*.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. (2014). *Evaluación Regional Cuenca Alta río Bogotá Evaluación Regional Cuenca Alta río Bogotá*. Bogotá, Colombia.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. (2018). *Plan De Ordenación Y Manejo De La Cuenca Del Río Bogotá-Actualización POMCA Río Bogotá*.
- Daily, G. C. (1997). *Nature's Services: Societal dependence on natural ecosystems. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. <http://doi.org/doi:10.1017/S1367943098221123>
- DANE. (2006). *Boletín-Censo General 2005- Perfil Tabio-Cundinamarca*. Retrieved from https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25785T7T000.PDF
- Daza, M. M., Noriega, A., & Murcia, D. M. (2009). *Valoración económica de los servicios hidrológicos y de biodiversidad del Cerro La Judía para determinar la viabilidad de implementar un mecanismo de pago por servicios ambientales*. Retrieved from <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31157/09-08-460-0118PS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- del Ángel-Pérez, A. L., Rebolledo-Martínez, A., Villagómez-Cortés, J. A., & Zetina-Lezama, R. (2009). Valoración del servicio ambiental hidrológico en el sector doméstico de San Andrés Tuxtla , Veracruz , México. *Coordinación de Desarrollo Regional*, 17(33), 226–257. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-45572009000100008&script=sci_arttext
- Desvousges, W. H., Smith, V. K., & Fisher, A. (1987). Option price estimates for water quality improvements: A contingent valuation study for the monongahela river. *Journal of Environmental Economics and Management*, 14(3), 248–267. [http://doi.org/10.1016/0095-0696\(87\)90019-2](http://doi.org/10.1016/0095-0696(87)90019-2)
- Diamond, P. A., & Hausman, J. A. (1994). Contingent Valuation: Is Some Number Better than No Number? *Journal of Economic Perspectives*, 8(4), 45–64. <http://doi.org/10.1257/jep.8.4.45>
- Environmental Valuation Reference Inventory. (2018). Retrieved from <https://www.evri.ca/>
- Farber, S. C., Costanza, R., & Wilson, M. A. (2002). Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*, 41(3), 375–392. [http://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00088-5](http://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00088-5)
- Freeman III, A. M., Herriges, J. A., & Kling, C. L. (1993). *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods* (Vol. 3).

- Freeman, M. A., Herriges, J. A., & Kling, C. L. (2014). Resource Evaluation and Public Policy. In *The Measurement of Environmental Resource Values* (Third Edit, p. 779). Retrieved from <http://econdse.org/wp-content/uploads/2016/07/Freeman-Herriges-Kling-2014.pdf>
- Gramlich, F. W. (1977). The demand for clean water: the case of the Charles river. *National Tax Journal*, 30(2), 183–194.
- Haab, T. C., & McConnell, K. E. (2002). Valuing Environmental and Natural Resources. *Measurement*, 8, 326. <http://doi.org/10.4337/9781843765431>
- Halkos, G., & Matsiori, S. (2012). Determinants of willingness to pay for coastal zone quality improvement. *The Journal of Socio-Economics*, 41(4), 391–399. <http://doi.org/10.1016/J.SOCEC.2012.04.010>
- Hanemann, M. (1994). Valuing the Environment Through Contingent Valuation. *Journal of Economic Perspectives*, 8(4), 19–43. <http://doi.org/10.1257/jep.8.4.19>
- Lewis, R. R. (2005). Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecological Engineering*, 24(4 SPEC. ISS.), 403–418. <http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2004.10.003>
- Lewis, S. E., Popp, J. S., English, L. A., & Odetola, T. O. (2017). Willingness to Pay for Riparian Zones in an Ozark Watershed. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 143(5), 04017006. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000740](http://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000740)
- Mavsar, R. (2010). Stated Preference Methods or Direct Valuation Methods Content.
- Mendoza, J. E., Amaya, J. D., Terán, P., Ramos, A., Vargas, N., & Cediell, M. (2012). *Política Nacional Para La gestión Integral de La Biodiversidad y Sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)*. Bogotá. Retrieved from http://www.humboldt.org.co/images/pdf/PNGIBSE_español_web.pdf
- Millenium Ecosystem Assesment. (2005). *Ecosystems and human well-being. Ecosystems* (Vol. 5). <http://doi.org/10.1196/annals.1439.003>
- Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. (2012). *POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA BIODIVERSIDAD Y SUS SERVICIOS ECOSISTPEMICOS (PNGIBSE)*. Bogotá, República de Colombia .
- Moreno-Sanchez, R., Maldonado, J. H., Wunder, S., & Borda-Almanza, C. (2012). Heterogeneous users and willingness to pay in an ongoing payment for watershed protection initiative in the Colombian Andes. *Ecological Economics*, 75, 126–134. <http://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2012.01.009>
- Morrison, M., & Brown, T. C. (2009). Testing the effectiveness of certainty scales, cheap talk, and dissonance-minimization in reducing hypothetical bias in contingent valuation studies. *Environmental and Resource Economics*, 44(3), 307–326. <http://doi.org/10.1007/s10640-009-9287-3>
- Nordin, C. F., & Meade, R. H. (1982). Deforestation and Increased Flooding of the Upper Amazon. *Science*, 215(4531), 426–427. <http://doi.org/10.1126/science.215.4531.426>
- Palmer, M., Bernhardt, E., Chornesky, E., Collins, S., Dobson, A., Duke, C., ... Turner, M. (2004). ECOLOGY: Ecology for a Crowded Planet. *Science*, 304(5675), 1251–1252. <http://doi.org/10.1126/science.1095780>

- Pate, J., & Loomis, J. (1997). The effect of distance on willingness to pay values: a case study of wetlands and salmon in California. *Ecological Economics*, 20(3), 199–207. [http://doi.org/10.1016/S0921-8009\(96\)00080-8](http://doi.org/10.1016/S0921-8009(96)00080-8)
- Pearce, D., & Moran, D. (n.d.). *THE ECONOMIC VALUE OF BIODIVERSITY THE ECONOMIC VALUE OF BIODIVERSITY IUCN*. Retrieved from <https://www.cbd.int/doc/external/iucn/iucn-biodiversity-value-1994-en.pdf>
- Pearce, D. W., & Atkinson, G. D. (1993). Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of “weak” sustainability. *Ecological Economics*, 8(2), 103–108. [http://doi.org/10.1016/0921-8009\(93\)90039-9](http://doi.org/10.1016/0921-8009(93)90039-9)
- Rincón Ruiz, A., Echeverry Duque, M. A. A. M., Tapia Caicedo; Carlos, David Drews, A., Arias Arévalo, P., & Zuluaga Guerra, P. A. (2014). *Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos : aspectos conceptuales y metodológicos*. Retrieved from <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/32547>
- RStudio. (2016). RStudio: Integrated Development for R. *RStudio, Inc., Boston, MA URL* <Http://Www.Rstudio.Com>. <http://doi.org/10.1007/978-81-322-2340-5>
- Smith, V. K. (1993). The Board of Regents of the University of Wisconsin System Nonmarket Valuation of Environmental Resources : An Interpretive Appraisal Nonmarket Valuation of Environmental Resources : An Interpretive Appraisal, 69(1), 1–26.
- Soto, J. R., Escobedo, F. J., Khachatryan, H., & Adams, D. C. (2018). Consumer demand for urban forest ecosystem services and disservices: Examining trade-offs using choice experiments and best-worst scaling. *Ecosystem Services*, 29, 31–39. <http://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.11.009>
- Tao, Z., Yan, H., & Zhan, J. (2012). Economic Valuation of Forest Ecosystem Services in Heshui Watershed using Contingent Valuation Method. *Procedia Environmental Sciences*. <http://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.233>
- Tobias, D., & Mendelsohn, R. (n.d.). Valuing Ecotourism in a Tropical Rain-Forest Reserve. *Ambio*. SpringerRoyal Swedish Academy of Sciences. <http://doi.org/10.2307/4313783>
- Turpie, J. K. (2003). The existence value of biodiversity in South Africa: how interest, experience, knowledge, income and perceived level of threat influence local willingness to pay. *Ecological Economics*, 46(2), 199–216. [http://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00122-8](http://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00122-8)
- Vásquez, W. F., Mozumder, P., Hernández-Arce, J., & Berrens, R. P. (2009). Willingness to pay for safe drinking water: Evidence from Parral, Mexico. *Journal of Environmental Management*, 90(11), 3391–3400. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.05.009>
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., & Melillo, J. M. (1997). Human Domination of Earth’s Ecosystems. *Science*, 277(5325), 494–499. <http://doi.org/10.1126/science.277.5325.494>
- Wooldridge, J. M. (2013). *Introductory Econometrics: A modern Approach*.

Anexo A

Tabla 1 Matrix de correlaciones usando un Generalized Linear Mixed Model y las variables ecológicas, demográficas y económicas de Tabio, Colombia por la conservación de bosques alto andinos

	Sx	#CT	Se	FR	T/E	VB	N	CH2O	BCH2O	AH2O	AE	AF	AHA	AC	IB	IAB	IBC	PH2O	DAP
Sx	1	0,951	0,951	0,027	0,45	1	1	0,82	1	1	1	0,94	0,05	0,74	0,83	0,71	0,1	0,91	0,462
Ed	0,49	0,031	0,031	0,54	0,56	1	1	0,43	1	1	1	0,99	0,05	0,37	0,77	0,45	0,14	0,07	0,00613
#CT	0,85	1	0,98	0,45	0,54	1	1	0,63	1	1	1	0,15	0,82	0,37	0,43	0,94	0,23	0,9	0,17
Se	0,87	0,98	0,22	0,95	0,14	1	1	0,71	1	1	1	0,47	0,15	0,42	0,66	0,9	0,34	0,43	0,53
FR	0,04	0,22	0,76	1	0,01	1	1	0,38	1	1	1	0,68	0,9	0,66	0,44	0,81	0,74	0,89	0,13
T/E	0,84	0,76	0,34	0,01	1	1	1	0,77	1	1	1	0,44	0,94	0,59	0,81	0,13	0,51	0,1	0,2
VB	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1	1	0,99	1	1	1	0,99	1	0,99	1	0,99	1	0,99	1
N	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1	1	0,99	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,92	0,99
CH2O	0,61	0,99	0,41	0,27	0,99	1	1	1	1	1	1	0,11	0,54	0,11	0,85	0,98	0,25	0,98	0,34
BCH2O	0,99	1	0,99	0,99	0,99	1	1	0,99	1	1	1	0,99	0,99	1	0,99	0,99	0,44	0,99	0,99
AH2O	0,99	1	0,4	0,99	0,99	1	1	0,39	1	1	1	0,99	1	0,3	0,99	0,99	0,99	0,92	0,99
AF	n.a	1	0,59	0,8	0,65	1	1	0,06	1	1	1	0,99	0,55	0,97	0,17	0,99	0,65	0,88	0,88
AHA	0,31	1	0,39	0,74	0,59	1	1	0,68	1	1	1	0,56	1	0,8	0,99	0,42	0,99	0,97	0,27
AC	0,11	1	0,91	0,57	0,9	1	1	0,02	1	1	1	0,99	0,61	0,59	0,8	0,22	0,77	0,95	0,1
IB	0,73	1	0,99	0,42	0,99	1	1	0,49	1	1	1	0,23	0,99	0,26	1	0,07	0,14	0,49	0,92
IAB	0,84	1	0,57	0,04	0,59	1	1	0,32	1	1	1	0,26	1	0,88	0,08	1	0,7	0,74	0,89
IBC	0,84	1	0,79	0,46	0,53	1	1	0,27	1	1	1	0,99	0,99	0,84	0,14	0,82	1	0,74	0,02
PH2O	0,06	1	0,68	0,47	0,23	1	1	0,17	1	1	1	0,55	0,53	0,35	0,55	0,5	0,54	1	0,13
DAP	0,7	1	0,99	0,99	0,99	1	1	0,34	1	1	1	0,99	0,99	0,79	0,57	0,99	0,8	0,13	1
DAP2500\$	0,95	n.a	0,99	0,99	0,99	1	1	0,18	1	1	1	0,99	0,99	0,72	0,87	0,99	0,99	0,45	0,99
DAP5000\$	0,51	n.a	0,99	0,99	0,99	1	1	0,32	1	1	1	0,99	0,99	0,41	0,99	0,99	1	0,3	0,99
DAP10000\$	0,39	n.a	0,99	0,99	0,99	1	1	0,86	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,65	0,99	0,99	0,09	0,99
DAP20000\$	0,7	n.a	0,99	0,99	0,99	1	1	0,52	1	1	1	0,99	0,89	0,42	0,99	1	0,48	0,99	0,99
DAP40000\$	0,99	n.a	n.a	0,99	0,99	1	1	0,99	1	1	1	n.a	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Muy malo	n.a	1	n.a	n.a	n.a	1	1	n.a	1	1	1	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	0,99	n.a	n.a
Malo	0,63	n.a	0,91	n.a	n.a	1	1	0,99	1	1	1	0,17	0,99	0,99	0,99	0,99	n.a	0,63	0,72
Excelente	0,04	1	0,77	0,99	16	1	1	0,08	1	1	1	0,12	0,99	0,99	0,96	0,92	0,99	0,59	0,58
regular	0,19	1	0,48	0,05	0,94	1	1	0,08	1	1	1	0,07	0,99	0,18	0,31	0,51	0,97	0,2	0,23
bueno	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	1	1	n.a	1	1	1	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	1	0,46	0,34

Anexo B

Anexo B Nomenclatura utilizada dentro de Anexo A

Sx	Sexo	DAP10000\$	Pagaría \$10.000
Ed	Edad	DAP20000\$	Pagaría \$20.000
Emp	Empleo	DAP40000\$	Pagaría \$40.000
Est	Estudios	Muy malo	Percepción bosques muy mal
Lr	Lugar residencia	Malo	Percepción bosques mal
IH	Ingresos hogar	Excelente	Percepción bosques excelente
#T	Visitas termales	regular	Percepción bosques regular
#CT	Visitas cerros Tabio	bueno	Percepción bosques bueno
Se	Satisfacción económica	IAB	Inundaciones, alcantarillado y Bosques
FR	Finca raíz Tabio	IBC	Inundaciones Bosques y estado de conservación
T/E	Estudios/Trabajo en Tabio	PH20	Conocimiento de la fuente que abastece a Tabio
VB	Viajes a Bogotá	DAP	Disposición a pagar
N	Interés por el medio ambiente	DAP2500\$	Pagaría \$2.500
CH20	Conocimiento del ciclo del agua	DAP5000\$	Pagaría \$5.000
BCH20	Conocimiento papel de los Bosques en el ciclo del agua	AHA	Los árboles humedecen la atmosfera
AH20	Los arboles capturan agua	AC	Los árboles generan costos o problemas
AE	Los arboles evitan la erosión	IB	Inundaciones y presencia de Bosques
AF	Los árboles realizan fotosíntesis	DAP	Disposición a pagar

