



ADOPCIÓN DE CERCAS VIVAS PARA PARCELAS PERMANENTES DE EVALUACIÓN Y MONITOREO DE CARBONO EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO PASTO MUNICIPIO DE PASTO – NARIÑO

Diana María Guerrero P. ¹
John Jairo Hernández B. ²
Álvaro Diego Albornoz M. ³

| Recibido: 12 de Junio de 2015 | Revisado: 19 de Junio de 2015 | Aceptado: 24 de Junio de 2015 |

Resumen

El estudio se realizó en la microcuenca de la quebrada Cabrera, municipio de Pasto (Nariño), localizada al oriente de la ciudad de Pasto a 7.5km, a una altura entre 2725m y 3500m (Gómez, 2003). La selección y establecimiento de las prácticas agroforestales se realizó conjuntamente con la comunidad, tomando como base la metodología de la Guía de Diagnóstico y Reordenamiento Sostenible de la Finca Campesina (IMCA, 2003). Como resultado, se obtuvo un total de 2222 plántulas establecidas en cercas vivas, distribuidas en 18 fincas que cubren una extensión de 3.33Km. Se analizó la capacidad de adopción de arreglos agroforestales por la comunidad, estimándose un 54% de probabilidad de adopción del arreglo agroforestal de cercas vivas. Se tuvieron en cuenta los atributos de superioridad, compatibilidad, simplicidad, factibilidad y observabilidad. Las parcelas para evaluación y monitoreo de carbono se establecieron en 8 fincas de productores que representan el 36% (1,2Km) del total de cercas vivas establecidas en la zona con tres especies (*Alnus jorullensis*, *Acacia decurrens* y *Morella pubescens*), con cuatro repeticiones por especie (12 parcelas y 66 árboles/parcela). La sobrevivencia, altura y diámetro basal de 0, 30 y 60 días se sometieron a un Análisis de Varianza - ANDEVA, donde no se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para las variables de altura y diámetro.

Palabras clave: Cerca viva, Sistemas agroforestales, carbono, adoptabilidad.

Abstract

The study was conducted in the watershed of Cabrera, municipality of Pasto (Nariño), located east of the city of Pasto 7.5km at an altitude between 2725m and 3500m (Gómez, 2003) broken. The selection and establishment of agroforestry practices was conducted jointly with the community, based on the methodology of the Guide to Diagnosis and Sustainable Reorganization of Rural Finca (WSBI, 2003). As a result, a total of 2222 seedlings established in hedges, in 18 farms covering an area of 3.33km was obtained. Making capacity of community agroforestry arrangements analyzed, estimating a 54% probability of adoption of agroforestry arrangement of hedges. The attributes of superiority, compatibility, simplicity, feasibility and observability were taken into account. The plots for carbon monitoring and evaluation were established in 8 farms of producers representing 36% (1.2 kms) of all hedges established in the area with three species (*Alnus jorullensis*, *Acacia decurrens* and *Morella pubescens*) with four repetitions per species (12 plots and 66 trees / plot). Survival, height and basal diameter of 0, 30 and 60 days were subjected to analysis of variance - ANOVA, where no significant differences ($p < 0.05$) for the variables height and diameter were observed.

Key-words: Living fence, Agroforestry, carbon, adoptability

¹ I.Af. M.Sc. en Recursos Hídricos, Instructora Centro Internacional de Producción Limpia – LOPE. Autor para correspondencia: dmguerrerop@misena.edu.co

² Ingeniero Agroforestal.

³ MSc en Ciencias Químico-biológicas – Líder Regional SENNOVA Nariño.

Introducción

Los avances en el desarrollo del sector industrial, la expansión de la frontera agrícola y la intervención de zonas boscosas, han generado una preocupación a nivel mundial sobre el impacto ambiental, que ha traído como consecuencia el cambio climático (Altieri & Nicholls, 2001). El dióxido de carbono, principal gas causante del efecto invernadero, es emitido en su mayoría por el uso de combustibles fósiles y la deforestación, se estima que del incremento en las concentraciones atmosféricas de CO₂ (20 – 25%), provienen de cambios en el uso de la tierra hacia la actividad agropecuaria (IPCC, 2014). Las tasas actuales de deforestación de bosques tropicales a nivel de Latinoamérica son muy elevadas dando paso a la alteración de los ecosistemas naturales (Gayoso, 2001). Colombia no está por fuera de éste contexto y aunque presenta un alto deterioro de los agroecosistemas existentes, puede generar varios escenarios para la oferta de servicios ambientales, los cuales pueden ser muy concretos como caudal constante de agua dulce o el aprovisionamiento previsible de madera, o en un ámbito global la captura de carbono o belleza escénica (Bruynzeel, 2001; Bubb *et al* 2004; The Natural Conservancy, 2013, Ledo, 2013).

Para el caso de la zona andina nariñense, los bosques han sido reducidos significativamente dando paso a la siembra de cultivos agrícolas y pastos debido a la falta de alternativas económicas productivas para comunidades de escasos recursos económicos, quienes con el afán de subsistir lo afectan sin tener en cuenta los impactos que se ocasionan (CORPONARIÑO, 2004). El corregimiento de Cabrera, municipio de Pasto, no es ajeno a ésta realidad, dado que los bosques de ésta zona, han sido intervenidos a través del tiempo para dar paso a la ganadería extensiva y la extracción de madera hacia ladrilleras, construcciones y consumo en fincas y hogares, situación que ha conllevado a la disminución del bosque natural (CORPONARIÑO, 2004).

Como respuesta a este gran problema, se deben establecer proyectos para fomentar el uso sostenible de los recursos naturales que aporten en la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). La presente investigación se realizó con el fin de establecer junto con la comunidad un sistema agroforestal de cercas vivas mediante parcelas permanentes para la evaluación y monitoreo de carbono, además de generar información base para estudios posteriores sobre pago de servicios ambientales.

Metodología

La Microcuenca de la quebrada Cabrera, está localizada al oriente de la ciudad de Pasto a 7.5km, a una altura entre 2725m y 3500m. Tiene una superficie de 1239,10ha, hace parte del corregimiento de Cabrera (89,2%), La Laguna (3,7%) y Buesaquillo (7,1%). Geográficamente se encuentra localizada a 1°12'24.8" y 1°15'29.4" de Latitud Norte; 77°11'45.2" y 77°13'55.3" de Longitud Oeste (Gómez, 2003). Teniendo en cuenta que en la región no existen estaciones meteorológicas, se tomó como referencia la estación pluviométrica de Río Bobo y Botana, determinando que la precipitación tiene un comportamiento bimodal con periodos húmedos comprendidos entre los meses de marzo a mayo y octubre a diciembre con máximos en octubre de 103mm y abril de 99mm, mínimos de 49 mm en agosto y 70 mm en febrero, su precipitación media anual es de 949mm (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004), la temperatura media mensual es de 12.46°C, con un máximo de 21.1°C y mínimo de 5.8°C, de acuerdo con la clasificación de zonas de vida, ésta región pertenece a bosque seco montano bajo (bsMB) (Gómez, 2003).

Descripción de tratamientos

La selección de usuarios y fincas para establecimiento de parcelas, se realizó a partir de reuniones con asociaciones productivas de la zona, en las que se aplicaron las metodologías de adoptabilidad y adopción con las que se definieron los tipos de arreglos agroforestales a establecer (cercas vivas), especies (*Alnus jorullensis* H.B.K, *Acacia decurrens* Willd y *Morella pubescens* Humb. & Bonpl. ex Willd) arreglos espaciales y temporales en base al interés, compromiso y disponibilidad de área por usuario.

Parcelas de monitoreo

Las parcelas de evaluación (100m x 1m) se establecieron con el arreglo agroforestal de cercas vivas en ocho predios de los productores vinculados al proyecto para una intensidad de muestreo del 40%, utilizando las especies Laurel de cera (*M. pubescens*), Aliso (*A. jorullensis*) y Acacia amarilla (*A. decurrens*) en las que se evaluaron las variables dendrométricas para una intensidad de muestreo equivalente al 26% (792 plántulas).

Las ocho fincas para el establecimiento de las parcelas permanentes para monitoreo de carbono, se seleccionaron por medio del muestreo teórico propuesto por Glaser y Strauss (1967) citado por

Sanahuja y Silva, (2001); éste tipo de muestreo se caracteriza por el proceso de recolección de datos para analizar conjuntamente la selección y codificación de la información y luego decidir qué parte de la información escoger para desarrollarla de modo que se puedan establecer criterios muestrales que contribuyan a sostener su validez.

VARIABLES EVALUADAS.

La dinámica de las parcelas permanentes fue evaluada con las variables de crecimiento: diámetro basal, altura de las plántulas, número de hojas y rebrotes, permitiendo realizar y generar una propuesta para fijación de carbono en los diferentes componentes (biomasa aérea, biomasa radicular, hojarasca, entre otras). Los análisis estadísticos se realizaron mediante el procedimiento ANDEVA y la comparación de medias, mediante pruebas de t.

Para la medición del diámetro basal, se utilizó un piezómetro; para la altura de plántulas, una regla graduada; para el número de hojas, rebrotes y porcentaje de sobrevivencia, se realizó un análisis visual. Las evaluaciones se realizaron cada 30 días.

Resultados y discusión

Adopción de cercas vivas

Se realizó un análisis de adoptabilidad prospectiva del arreglo agroforestal de cercas vivas, con el propósito de conocer la recepción de las recomendaciones de establecimiento en las fincas del grupo de productores involucrados en el proyecto, basándose en la visión que tenía cada usuario dentro de su predio para interpretar la posible apreciación del mismo bajo los atributos de simplicidad, observabilidad, superioridad, compatibilidad, factibilidad y probabilidad (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de adoptabilidad del arreglo agroforestal de cercas vivas, utilizando los atributos de simplicidad, observabilidad, superioridad, compatibilidad, factibilidad y probabilidad.

El grupo de productores mencionó que los atributos más importantes para la adopción de los sistemas agroforestales son: la simplicidad y la observabilidad, puesto que representan de alguna manera la utilización de la mano de obra familiar, se tienen los insumos necesarios en la finca para la implementación y porque requieren encontrar resultados a corto plazo. En cuanto a la superioridad se registró la

importancia que tienen las cercas vivas a los sistemas de producción. El atributo de factibilidad obtuvo una baja calificación, debido a la carencia de material vegetal y acompañamiento técnico para el adecuado manejo de las cercas.

En los últimos años el sistema de cercas vivas ha tomado mayor relevancia económica y ecológica, no sólo porque su establecimiento significa un ahorro del 54% con respecto al costo de las cercas convencionales; sino porque constituye una forma de reducir la presión sobre el bosque para la obtención de postes y leña (Callo-Concha *et al* 2001; Calderón *et al* 2013).

Establecimiento de cercas vivas

Para el establecimiento de las cercas vivas, se realizó una capacitación a cada productor, para señalar la importancia de las labores culturales necesarias para cada especie escogida. En total, se establecieron 2.222 plántulas distribuidas así: 611 de Laurel de cera (*M. pubescens*), 845 de Aliso (*A. jorullensis*), 551 de Acacia amarilla (*A. decurrens*), 150 de Quillotocto (*Tecoma stans*) y 65 de Cajeto (*Cyatharexylum subflavescens*), que ocuparon un espacio lineal de 3,33Km. Mediante la incorporación de plantaciones de cercas vivas en las fincas, se reconoció la importancia por parte de los productores en presentar alternativas que mejoren el ambiente, principalmente por la diversificación en el predio con especies que ya han sido establecidas a nivel local y que han generado servicios en la comunidad.

Establecimiento de parcelas de monitoreo de carbono. El establecimiento de las parcelas permanentes para monitoreo de carbono, se realizó con cuatro repeticiones por especie, para un total de 12 parcelas de evaluación. Se georreferenció cada parcela para facilitar las evaluaciones y dar seguimiento de las variables evaluadas. Las parcelas seleccionadas están distribuidas en las cinco veredas que conforman la microcuenca, representando un 36% (1.2km) del total de cercas vivas implementadas en la zona (3.33km).

VARIABLES EVALUADAS

La dinámica de las parcelas permanentes fue evaluada con las variables de crecimiento: diámetro basal, altura de las plántulas, número de hojas y rebrotes, lo cual permitió realizar y generar una propuesta para fijación de carbono en los diferentes componentes (biomasa aérea, biomasa radicular, hojarasca, entre otras). El total de plantas evaluadas fueron 264 por cada especie.

Diámetro basal

En promedio, en las cuatro parcelas evaluadas por especie, el diámetro de los individuos oscilaron entre 0,19 y 0,25cm para *A. decurrens*; 0,27 y 0,36cm para *A. jorullensis* y 0,31 y 0,34cm para *M. pubescens*. En la tabla 2, se muestra el resumen estadístico para diámetros en todos los períodos para todas las especies, donde el coeficiente de variación, es alto para la especie *M. pubescens*, debido a que en el momento de la siembra, las edades de las plántulas no eran homogéneas.

Tabla 2. Análisis estadístico general para la variable diámetro basal de las especies *A. decurrens*, *A. jorullensis* y *M. pubescens*, con distancia de siembra de 1.5m entre plantas ($p < 0.05$).

Especie	Días de siembra	Plántulas evaluadas	E. descriptivos		E. Dispersión		P-value
			Media (cm)	Varianza	Desviación típica	Coefficiente de variación	
<i>A. decurrens</i>	0	264	0.19	0.002	0.05	0.263	0.0001*
	30	264	0.24	0.003	0.06	0.25	
	60	264	0.28	0.004	0.06	0.214	
<i>A. jorullensis</i>	0	264	0.29	0.005	0.07	0.241	0.07
	30	264	0.37	0.006	0.08	0.216	
	60	264	0.43	0.008	0.09	0.209	
<i>M. pubescens</i>	0	264	0.31	0.050	0.23	0.742	0.07
	30	264	0.35	0.060	0.25	0.714	
	60	264	0.38	0.060	0.25	0.658	

* Significativo 95% de confianza

Altura

En promedio, en las cuatro parcelas evaluadas por especie, la altura de los individuos oscilaron entre 14,23 y 18,55cm para *A. decurrens*; 15,45 y 22,40cm para *A. jorullensis*; 16,58 y 22,66cm para *M. pubescens*. En la Tabla 3 se presenta el resumen del análisis estadístico para la prueba de t al 95% de confianza, mostrando diferencias significativas entre parcelas para la especie *A. decurrens*.

Tabla 3. Análisis estadístico general para la variable altura de las especies *A. decurrens*, *A. jorullensis* y *M. pubescens*, con distancia de siembra de 1.5m entre plantas ($p < 0.05$).

Especie	Días de siembra	Plántulas evaluadas	E. descriptivos		E. Dispersión		P-value
			Media (cm)	Varianza	Desviación típica	Coefficiente de variación	
<i>A. decurrens</i>	0	264	14,23	38,58	6,21	0,44	0,01*
	30	264	18,55	44,16	6,65	0,36	
	60	264	22,09	54,06	7,35	0,33	
<i>A. jorullensis</i>	0	264	15,45	20,6	4,54	0,29	0,09
	30	264	17,94	22,84	4,78	0,27	
	60	264	22,4	25,67	5,07	0,23	
<i>M. pubescens</i>	0	264	16,58	123,530	11,11	0,67	0,06
	30	264	19,46	142,660	11,94	0,61	
	60	264	22,66	148,670	12,19	0,54	

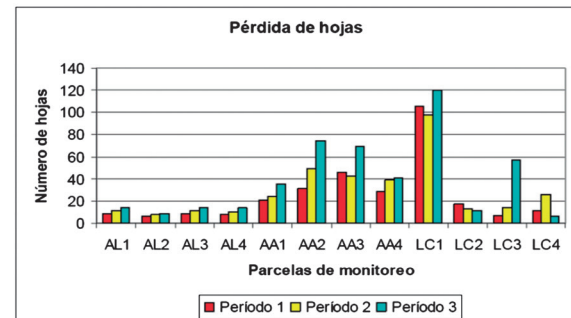
* Significativo 95% de confianza

Hojas

Sé observó en general que la especie *M. pubescens* tuvo un porcentaje de pérdida de hojas con respecto al último período de evaluación en la parcela LC2 de 35% y en la parcela LC4 42,2%, debido al estrés por adaptación a la zona; mientras que *A. decurrens* y *A. jorullensis*, no presentaron pérdida de hojas en ninguna de las parcelas con respecto al último período (Figura 1)

No se reconoce a que hacen referencia los códigos mencionados, se le recomienda hacer explicación en la metodología acerca de la distribución de las parcelas y sus codificaciones

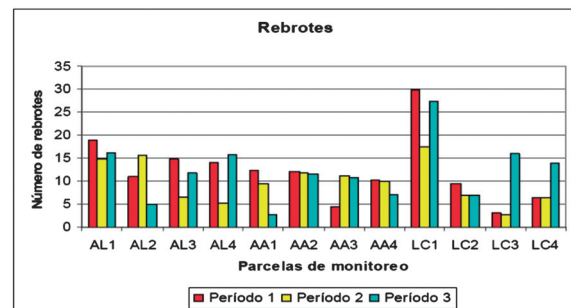
Figura 1. Evaluación de la pérdida de hojas para las especies *A. decurrens* (AL1, AL2, AL3 y AL4) *A. jorullensis* (AA1, AA2, AA3 y AA4) y *M. pubescens* (LC1, LC2, LC3 y LC4) en cuatro parcelas y tres periodos de evaluación (0, 30 y 60 días).



Rebrotos

En las evaluaciones realizadas en los tres períodos en todas las parcelas y para todas las especies, se encontró que los rebrotos en la parcela AL1 disminuyeron en un 14%, en la AL2 en un 53,98% y en la AL3 21,69% (Figura 2), debido principalmente a la respuesta de la especie *A. jorullensis* a la fácil adaptación de ésta a factores atmosféricos inestables (León y Miranda, 2001).

Figura 2. Evaluación del número de rebrotos para las especies *A. decurrens*, *A. jorullensis* y *M. pubescens* en cuatro parcelas y tres periodos de evaluación (0, 30 y 60 días)



Porcentaje de sobrevivencia

Al finalizar los tres períodos de evaluación (60 días) y después del establecimiento, se procedió a contar los individuos que no sobrevivieron, obteniendo como resultado un 88% de sobrevivencia para la especie *A. jorullensis*, 91% de sobrevivencia para la especie *A. decurrens* y 92% para la especie *M. pubescens*, similar a lo reportado para especies nativas del 10% de mortalidad en plantaciones. Las diferencias encontradas con respecto a la especie *A. jorullensis* y *M. pubescens*, se debe como lo afirma León y Miranda (2001) a que la fenología de las especies está en función de las factores atmosféricos y demás condiciones necesarias para su desarrollo.

A partir de los resultados obtenidos, se diseñó una propuesta para la evaluación de la captura de carbono en las tres especies establecidas, a continuación se presente el resumen de la propuesta.

Propuesta para el monitoreo de carbono en parcelas permanentes de cercas vivas

El pago de incentivos a los agricultores cuyos usos de tierra protegen los recursos naturales y proveen un servicio a la comunidad local, nacional y mundial, opción que podría mejorar la viabilidad financiera de las fincas (Beer, 2003). Para las especies *M. pubescens*, *A. decurrens*, y *A. jorullensis*, se plantea la realización de la evaluación de carbono a partir de que los diámetros de cada especie supere los 5cm, los cuales podrían obtenerse en edades entre los 2 y 7 años, para las condiciones ambientales de la zona de Cabrera.

Por lo anterior se plantea la metodología para evaluación de carbono en todos sus componentes, teniendo en cuenta las parcelas permanentes establecidas, y que a partir de la evaluación que se realice, darle seguimiento, en periodos comprendidos entre 12 y 16 meses cada uno.

Para el muestreo de un área de 100m², se deberá realizar un muestreo aleatorio con el 10% (6 árboles por parcela) de la población total, teniendo en cuenta los rangos específicos de diámetros que estarán distribuidos así: diámetro más pequeño – diámetro promedio – diámetro mayor, con el fin de realizar estudios posteriores para crecimiento mediante modelos alométricos.

El primer monitoreo se realizará a los 12 meses después de la evaluación con el 5% (tres árboles por parcela)

del total de las especies sin evaluación. El monitoreo, se seguirá realizando anualmente con el 1% (un árbol por parcela) del total de árboles sin evaluación.

Esta propuesta, permitirá una evaluación y seguimiento continuo de carbono, que permitan realizar modelos alométricos para cada uno de los componentes, como lo menciona Vine *et al* 1999, la creación de parcelas permanentes, datos de inventario forestal o técnicas alométricas pueden ser usadas en ello.

Conclusiones

Los arreglos agroforestales que presentaron mejor adoptabilidad por los productores para parcelas permanentes de evaluación y monitoreo de carbono en las fincas fueron las cercas vivas con las especies *Acacia decurrens*, *Alnus jorullensis*, *Morella pubescens*, debido al conocimiento de los usos y propiedades de éstas especies en la región.

La especie *Morella pubescens* no se adapta fácilmente a cambios bruscos de temperatura y humedad, es porque hay pérdida en la cantidad hojas en el tercer periodo de evaluación que se recuperara en el periodo de adaptación

La propuesta de monitorio de carbono permitirá generar modelos alometricos específicos para especies nativas en las zonas alto andinas del país

Literatura citada

Altieri, M y Nicholls, C. 2001. Perspectivas agroecológicas: Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Barcelona: ICARIA EDITORIAL, 247p.

Bruijnzeel, L. A. 2001. Hydrology of tropical montane cloud forests: A reassessment. Land Use and Water Resources Research 1:1.1-1.8.

Bubb, P., May, I., Miles, L. y Sayer, J. 2004. Cloud forest Agenda. UNEP-WCMC. Cambridge, UK.

Calderón, M., Romero – Saltos, H., Cuesta, F., Pinto, E., Báez, S. 2013. Monitoreo de contenidos de flujos de carbono en gradientes altitudinales. Protocolo 1 – Versión 1. CONDESAN/COSUDE: Quito, Ecuador. 64p.

Callo-Concha, D., Krishnamurthy, L., y Alegre, J. Cuantificación de carbono secuestrado por algos

saf's y testigos, en tres pisos ecológicos de la amazonía del Perú. En: Simposio internacional Medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile. 18 al 20 de octubre de 2001. p. 6.

Corporación Autónoma Regional De Nariño, 2004. Plan de acción trianual 2004 – 2006. CORPONARIÑO. Pasto, Junio de 2004. p. 4 – 10, 29.

Gayoso Aguilar, J., 2001. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. Trabajo presentado en Taller Secuestro de Carbono. Mérida, Venezuela, 22p.

Gómez España, O., 2003. Plan de ordenamiento y manejo ambiental de la microcuenca Quebrada Cabrera: Corregimiento de Cabrera - Municipio de Pasto. Alcaldía Municipal de Pasto y Secretaría de Medio Ambiente. Pasto, p. 44.

INSTITUTO MAYOR CAMPESINO (IMCA) 2003. Guía de diagnóstico y reordenamiento sostenible de la finca campesina. IMCA, Buga (V), 2003.

Ledo, A. 2013. Tratado sobre la distribución espacial de las especies leñosas de un bosque de niebla tropical. Asociación española de ecología terrestre. Ecosistemas 22(1) 77 – 79 (Enero – Abril, 2013).

León Guevara, J. A. y Miranda, M. 2001. Estudio fenológico de diez especies forestales nativas, en la microcuenca las tiendas, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Trabajo de grado. (Ingeniero Agroforestal), Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal Pasto, 2001. p. 52.

MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DE-SARROLLO TERRITORIAL. 2004. Agenda ambiental municipal de Pasto. Dirección de desarrollo territorial. Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. Pasto, Colombia. 510p.

PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC). 2014. Cambio climático 2014, impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsable de políticas. GT II. 53p.

Sanahuja, S. & Silva, A. 2001. Muestreo teórico y estudios del discurso: una propuesta teórico - metodológica para la generación de categorías significativas en el campo del Análisis del Discurso.

En: I coloquio nacional de investigadores en estudios del discurso el estudio del discurso: metodología multidisciplinaria. p. 2.

The Natural Conservancy. 2013. Factibilidad económica de los fondos de agua: Ventajas competitivas de invertir en conservación. Colombia, 32p.