

Sistemas de producción y dinámica ecohidrológica en los Andes colombianos: el caso de la cuenca del río Cubillos. Municipio de Tausa, Colombia

Luis Fernando Ortiz Quintero. Profesor de la universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia. Estudiante del doctorado em Geografía, Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil. Contacto lfortizq@ufmg.br y lfortizq@udistrital.edu.co

RESUMEN

Debido a la importancia para el suministro de agua para la ciudad de Bogotá y a la alta fragmentación de las coberturas vegetales de la cuenca del río Cubillos correspondientes a los ecosistemas de bosque alto andino, subpáramo y páramo el objetivo de este trabajo fue caracterizar los sistemas de producción agropecuarios existentes en la cuenca para evaluar sus efectos en las coberturas vegetales y el ciclo hidrológico. La caracterización de los sistemas de producción fue realizada mediante los parámetros *coberturas vegetales*, *tamaño predial* y *pendiente*. Adicionalmente, fueron realizadas distintas actividades con la comunidad y los productores como entrevistas semiestructuradas, un taller de cartografía social, recorridos por la cuenca y visitas a diferentes unidades productivas para establecer sus características biofísicas, socioeconómicas y productivas. En general, el patrón de arreglo de estos sistemas es de tipo agroindustrial y se basan en el monocultivo papa y la cría de ganado que ocupan el 56,5% de área total de la cuenca. Estos sistemas productivos generan remoción total de las coberturas vegetales naturales, compactación y erosión del suelo, pérdida de biodiversidad y alteración de la dinámica hidrológica de la cuenca.

Palabras claves: Cuencas hidrográficas, sistemas de producción, ecosistemas, regulación hidrológica.

ABSTRACT

Due to the importance for the water supply for the city of Bogotá and the high fragmentation of the natural vegetation covers of the Cubillos river basin corresponding to the ecosystems of the high Andean forest, sub-páramo and páramo, the objective of this work was to characterize the systems existing agricultural production in the basin to evaluate its effects on plant cover and the hydrological cycle. The characterization of the production systems was carried out using the parameters of plant cover, farm size and slope. Additionally, different activities were carried out with the community and the producers, such as semi-structured interviews, a social mapping workshop, tours of the basin and visits to different productive units to establish their biophysical, socioeconomic and productive characteristics. In general, the arrangement pattern of these systems is of an agro-industrial type and they are based on potato monoculture and cattle raising, which occupy 56.5% of the total area of the basin. These productive systems generate total removal of natural vegetation covers, soil compaction and erosion, loss of biodiversity and alteration of the hydrological dynamics of the basin.

Keywords: Watersheds, production systems, ecosystems, hydrological regulation.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Cubillos nace a los 3700 metros de altura en la llamada Laguna Verde y desemboca en el embalse del Neusa a 3000 m. Debido a su gradiente altitudinal en el área de la cuenca, en estado natural, se localizaban los ecosistemas correspondientes al bosque alto andino, subpáramo y páramo. De la misma manera, en función de su gradiente altitudinal (CEPAL, 1988) el área de río Cubillos corresponde a una cuenca de alta montaña tropical.

La composición, función y relación de los ecosistemas que se localizan en cuencas de alta montaña le confieren a estos eco-hidrosistemas una gran importancia en la regulación hidrológica, la estabilidad del clima local y el mantenimiento de la biodiversidad (Cleef, 1981; Van der Hammen & Cleef, 1986; Blanco et al, 2018). La considerable productividad hídrica de las cuencas de alta montaña se debe a que en ellas se localizan los ecosistemas de páramo que son definidos por Hofstede et. al. (2003) como un sistema de humedales neotropicales localizados en las partes altas de Venezuela, Ecuador, Perú y Colombia. De la misma manera, algunos autores (Buytaert et. Al. 2014; Greenpeace, 2013) destacan que los páramos son ecosistemas de montaña únicos en función de los servicios ecosistémicos que proporcionan, particularmente, el almacenamiento y la regulación del recurso hídrico, convirtiéndose de esta manera en la principal fuente de agua potable

De acuerdo con Cleeff (2013), los ecosistemas de bosque alto andino y de páramo tienen gran capacidad de almacenamiento y regulación hídrica debido a las características estructurales de la vegetación, la presencia de epifitas, la presencia de suelos orgánicos y las bajas temperaturas. La importancia hidrológica de estos ecosistemas también se debe a la compleja y rica interacción de sus aspectos geológicos-geomorfológicos, climáticos, edáficos y de vegetación (Flórez, 2003; Ministério de Médio Ambiente, 2002; Naranjo, 1999). La cuenca del río Cubillos conjuntamente con la del río Checua contribuyen con el 15% del abastecimiento de agua para la ciudad de Bogotá (Esguerra et. al. 2011).

Los ecosistemas y las cuencas que se localizan en la región alto andina tienen una marcada intervención antrópica como resultado de prácticas agrícolas, pecuarias y mineras que históricamente se han desarrollado en estos espacios (Dourojeanni & Molina, 1982; Farnworth

& Golley, 1973; Molano, 2000; Hofstede, 2013). El establecimiento de sistemas de producción agropecuários en las cuencas alto andinas, basados en el cultivo de papa y la ganadería vacuna (Vargas, 2013) han generado la alteración de las coberturas vegetales de los páramos y ponen en riesgo la biodiversidad y el agua de estos ecosistemas (Van Der Hammen, 2000; Sánchez, 2006; Premauer, 1999), generan erosión y compactación de suelos (Molinillo, 1992), disminución de la fertilidad natural (Sánchez, 2013) y disminuye la oferta de bienes y servicios ambientales particularmente la regulación y el suministro de agua. Las alteraciones que se realizan en los páramos son de muy difícil recuperación debido a que tienen una baja capacidad de resistencia y resiliencia porque evolucionaron como islas biogeográficas, tienen bajas temperaturas y no desarrollaron estrategias específicas de adaptación (Vargas, 2013).

La alteración del régimen temporal de caudales debido a las malas prácticas de uso y manejo del suelo disminuye la disponibilidad de agua para riego, para las actividades pecuarias y el consumo humano, obligando a los productores al establecimiento de reservorios y sistemas de conducción de agua, alterando las dinámicas eco-hidrológica y socio-económicas de los sistemas de producción de las zonas de alta montaña.

Las cuencas hidrográficas en función de sus bienes y servicios eco-hidrológicos, se constituyen en una condición central para el desarrollo y el buen vivir de las comunidades allí asentadas y las que se localizan aguas abajo (Jiménez, 2005; Faustino, 2005; CEPAL, 1998). En el caso particular de las cuencas alto andinas, es necesario formular estrategias adecuadas de uso, manejo, y ordenación que contemplen la fragilidad de sus ecosistemas, particularmente los de páramo, y el potencial de sus servicios ecosistémicos especialmente el asociado a la regulación y suministro de agua.

Las comunidades andinas han utilizado históricamente las potencialidades eco-hidrológicas de las cuencas de alta montaña para su reproducción social, económica y cultural, por tanto, para poder entender la situación socio-ambiental actual de los ecosistemas y cuencas de alta montaña y proponer estrategias de uso, manejo, conservación, restauración y ordenación es fundamental caracterizar los sistemas de producción que allí se han establecido. Machado & Torres, (1987) definen el sistema de producción como el conjunto de componentes-actividades y sus correspondientes relaciones que son necesarias para darle un

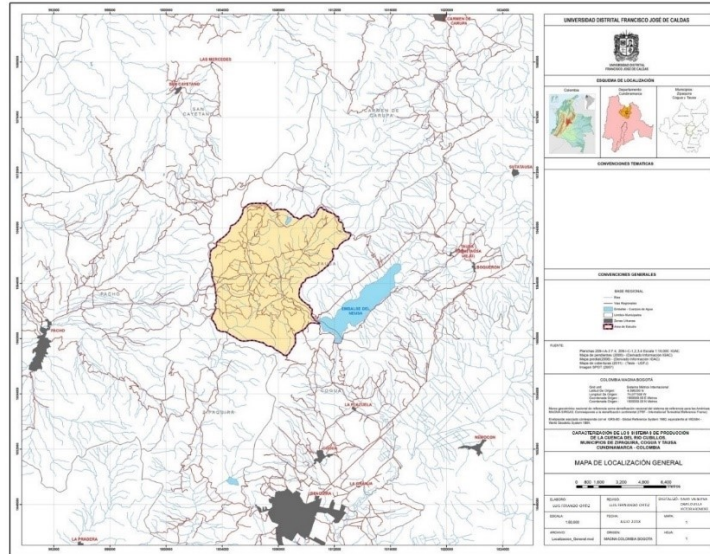
uso específico al suelo de una finca o una unidad productiva para la obtención de un producto agrícola o pecuario. De acuerdo con Hart (1985) una finca tiene dos componentes o subsistemas. El primero corresponde al subsistema socio-económico integrado por la vivienda, el flujo de dinero por compra-ventas, y los aspectos culturales entre otros. El segundo subsistema es el agroecosistema que corresponde a las unidades físicas en donde se desarrolla la producción agropecuaria y que está integrado por las características eco-hidrológicas de la región donde se localiza la unidad productiva como el tipo de suelo, el clima, la vegetación natural, las pendientes y la hidrología. También este subsistema lo conforman las coberturas vegetales correspondientes a cultivos y pastos que el productor ha establecido.

Una finca o una unidad productiva al estar constituida por subsistemas puede ser analizada desde el enfoque de sistemas para caracterizarla, agruparla a otras de características similares y evaluar su dinámica en términos socio-culturales y ambientales. Ortiz (1995) plantea que en la práctica un sistema regional de producción agropecuaria está conformado por un grupo o conjunto de fincas o unidades productivas que tienen unas características similares en cuanto a condiciones bio-físicas o eco-hidrológicas, socio-económicas y agronómicas.

ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Cubillos, con un área de 6.934,4 ha, se localiza en los municipios de Tausa, Cogua y Zipaquirá sobre el ecosistema del páramo de Guerrero (Fig. 1). Nace a los 3700 metros de altura en la llamada Laguna Verde y desemboca en el embalse del Neusa a 3000 m.

Figura 1. Localización general de la cuenca del río Cubillos



Fuente: Elaboración propia a partir de Planchas 209-I-A-3 Y 4, 209-I-C-1,2,3,4 Escala 1: 10,000. IGAC.

Su red de drenaje está conformada por las subcuencas de los ríos Guandoque y Cuevas que nacen en el páramo de Laguna Verde y entregan sus aguas en el embalse de Neusa. Debido a sus diferencias de altura, su origen geológico y sus procesos geomorfológicos tiene una alta diversidad de geoformas, suelos y coberturas vegetales.

Su precipitación media según Valbuena (2011) es de 850 mm. A los gradientes de precipitación, temperatura y relieve de la cuenca se le asocian una diversidad de suelos ácidos, su Ph varía entre 3 y 6 y tienen bajos contenidos de fósforo, nitrógeno y saturación de bases siendo en general de baja fertilidad (Podwojewski, 1999). Son de moderados a profundos (51 a 92 cm) y tienen altos contenidos de materia orgánica (Conservación Internacional, 2002; Molano, 1998) que hacen estos suelos aptos para la regulación hidrológica e implementación de sistemas de producción de tipo campesinas de bajo impacto eco-sistémico.

La cuenca del río Cubillos es densamente poblada por aproximadamente 300 familias que se dedican básicamente al cultivo de papa y la cría de ganado para leche y carne. Varias generaciones de algunas de estas familias han habitado la cuenca desde hace más de 100 años dando lugar a una larga historia de ocupación, transformación, uso y manejo de su base natural, que explica las fuertes transformaciones que han sufrido las coberturas vegetales originales de sus ecosistemas, la fauna, los suelos y el ciclo hidrológico.

METODOLOGÍA

La caracterización de los sistemas de producción agropecuarios de la cuenca del río Cubillos, se realizó teniendo en cuenta la relación entre el tamaño predial, las pendientes y la cobertura vegetal tanto natural como antrópica, que de acuerdo con Hart (1985); Carmona & Nahuelhual (2009); Conservación Internacional (2013) se corresponden con variables estructurales y funcionales que se tienen en cuenta para establecer tipologías de fincas y, por tanto, de sistemas de producción regionales.

El procedimiento metodológico se fundamentó en la interpretación de imágenes satelitales spot del año 2007 para la identificación de coberturas vegetales; revisión y generación de cartografía temática (Mapa de pendientes, tamaño predial, coberturas); levantamiento de información primaria en campo mediante recorridos por las unidades productivas, realización de entrevistas semiestructuradas a los productores y de un taller de cartografía social con la población de la cuenca. Toda esta información fue construida, almacenada y procesada en un sistema de información geográfico para caracterizar los sistemas de producción y evaluar sus impactos en la cobertura vegetal y la dinámica hidrológica de la cuenca. Con base en la clasificación predial que elaboró el IGAC (2012) para todo el país (Tabla 1), se realizó el análisis tamaño predial para la identificación de los sistemas de producción en la cuenca que es resumida en la tabla 2.

Tabla 1. Tamaño predial para Colombia

TAMAÑO PREDIAL	HECTÁREAS
Microfundio	<3 has
Minifundio	Entre 3 y 10 has
Pequeña propiedad	Entre 10 y 20 has
Mediana propiedad	Entre 20 y 200 has
Gran propiedad	>200 has

Fuente: IGAC, 2012.

Para auxiliar la identificación de los sistemas de producción se establecieron los criterios que se presentan en la tabla 2 a partir de los cuales se elaboraron los mapas de pendientes y tamaño predial teniendo en cuenta que para que un predio se clasificara en alguno

de los dos rangos de pendiente establecidos, más del 50% de su área debía corresponder a alguno de ellos.

Tabla 2. Tamaño predial para la identificación de sistemas productivos en la cuenca del río Cubillos

TIPO DE RELIEVE	PORCENTAJE DE PENDIENTE	TAMAÑO PREDIAL (ha)	TIPO DE PROPIETARIO
Plano	0-12%	< 7,5	Pequeño
		> 7,5	Grande
Ladera	> 12%	< 20	Pequeño
		> 20	Grande

Fuente: Elaboración propia a partir de IGAC (2012) e información sobre la UAF.

Finalmente, fueron cruzados los mapas de pendientes y tamaño predial reclasificados de acuerdo a las categorías establecidas en la tabla No. 2 con el mapa de coberturas vegetales para obtener el mapa de sistemas de producción de la cuenca del río Cubillos y evaluar sus efectos en las coberturas vegetales y el comportamiento del agua.

RESULTADOS:

CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Se presenta el análisis de las variables pendiente, tamaño predial y coberturas de la tierra que fueron consolidadas para realizar la caracterización de los sistemas de producción. Posteriormente se presentan los resultados que se obtuvieron sobre la identificación de los sistemas de producción en la cuenca del río Cubillos, su correspondiente caracterización y sus efectos en las coberturas vegetales, el suelo y el ciclo hidrológico.

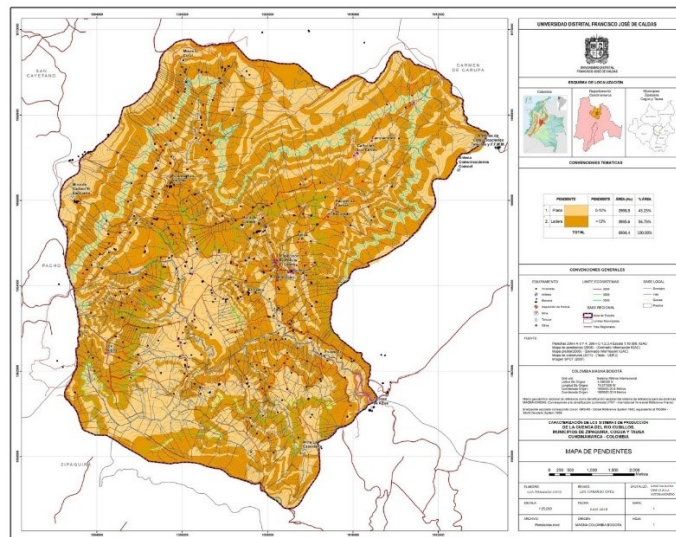
- *Pendientes*

Del área total de la cuenca del río Cubillos 3.935,6 ha equivalentes al 56,75% de su superficie corresponde a zonas de ladera, mientras que 2.998,8 ha es decir un 43,25 % se ubican en zonas de planas o levemente onduladas con pendientes inferiores al 12% (Fig. 2 y 3). Es de resaltar que, pese a la ubicación de la cuenca por encima de los 3.000 m en una zona montañosa, presenta una extensión considerable en relieve plano a suavemente ondulado, que favorece el desarrollo de asentamientos, la construcción de infraestructura y el desarrollo de

actividades agropecuarias, así como el establecimiento de cultivos y pastos para ganadería.

Las zonas de baja pendiente se localizan preferencialmente en las partes alta y media de la cuenca (Fig. 2 y 3) y están asociadas a geoformas originadas por acción fluvio-glacial que se presentó en el páramo de Guerrero y en las partes altas de la cordillera de Los Andes colombianos (Molano, 1999; Flórez, 2003) como las terrazas de sobre excavación, los depósitos morrénicos, los planos inclinados y los valles en forma de “U” que fueron configurados en el sinclinal de la cuenca por la acción de los hielos.

Figura 2. Clasificación de pendientes de la cuenca del río Cubillos



Fuente: Elaboración propia a partir de planchas 209-I-A-3 Y 4, 209-I-C-1,2,3,4 Escala 1:10,000. IGAC

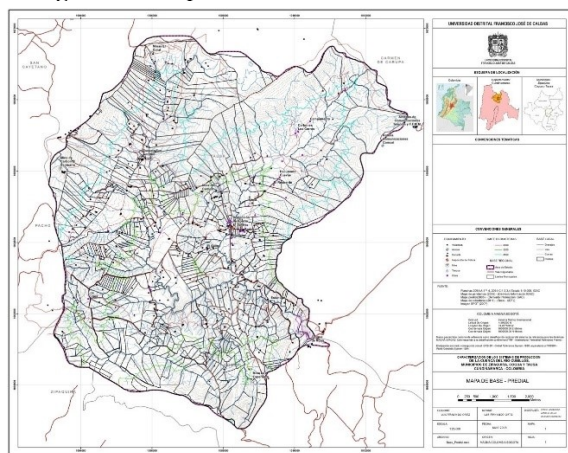
También se localiza hacia la parte baja de la cuenca en los fondos de valle con modelado glacial y se corresponde (Van Der Hammen e Cleff 1986; Cuatrecasas, 1989) al bosque alto andino en donde las condiciones de pendiente, suelos y clima favorecen el establecimiento de actividades productivas más intensas como los cultivos de papa, zanahoria y la ganadería. Sobre estas zonas se observa que existe una alta fragmentación predial donde predominan microfundios, minifundios y pequeña propiedad de acuerdo con la clasificación de tamaño predial establecida por el IGAC (2012).

- *Tamaño predial*

El total de predios existentes en la cuenca del río Cubillos es de 783 y su área promedio es de 8,7 ha. De acuerdo con los rangos establecidos por el IGAC (2012) en la cuenca predominan microfundios (fincas menores a 3 ha) y minifundios (fincas entre 3 y 10 ha) (Fig. 4-5 y tabla 3) que suman un total de 608 propiedades equivalentes al 77,6% del total de

predios, sin embargo, su participación en área es de tan solo el 29,21% del total de la cuenca (Tabla 3) lo que evidencia el alto nivel de fragmentación predial en la cuenca del río Cubillos. De otro lado, la mayor área de la cuenca (57.02%) se concentra en 79 predios correspondientes a los medianos y grandes propietarios cuyos predios tienen extensiones entre 20 y 200 ha y solamente un propietario tiene un predio mayor a 200 ha. Estas cifras reflejan la alta fragmentación y concentración de tierras para la cuenca del río Cubillos y están en correspondencia con los hallazgos encontrados por Méndez (2006), sobre la asimetría en el acceso a la propiedad para el complejo del páramo de Guerrero. La alta concentración de la tierra en la cuenca del río Cubillos favorece la implementación de actividades agroindustriales mediante el mecanismo de siembra directa por el dueño de la finca o por la vía del arrendamiento de fincas a grandes productores de papa.

Figura 3. Base predial de la cuenca del río Cubillos



Fuente: Elaboración propia a partir de planchas prediales 209-I-A-3 Y 4, 209-I-C-1,2,3,4 Escala 1:10,000. IGAC

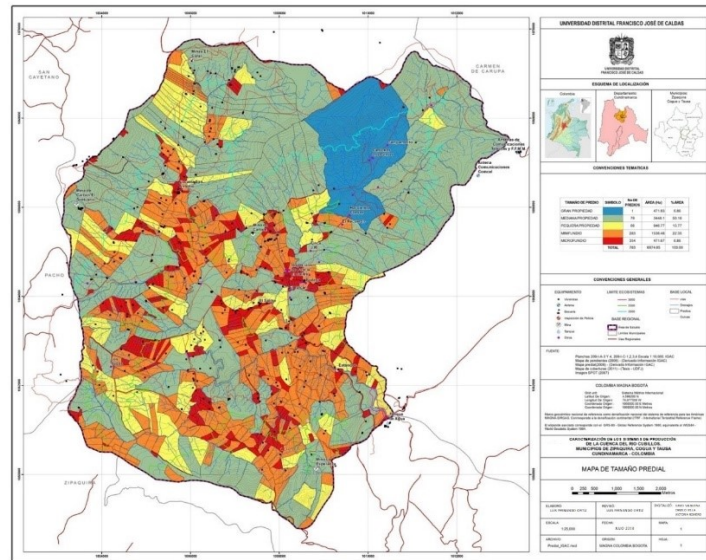
Tabla 3. Categorías de tamaño predial en la cuenca del río Cubillos

TAMAÑO PREDIAL	HECTAREAS	No DE PREDIOS	ÁREA (ha)	% ÁREA
Microfundio	<3 de has	325	471,67	6,86
Minifundio	Entre 3 y 10 has	283	1536,48	22,35
Pequeña propiedad	Entre 10 y 20 has	66	946,77	13,77
Mediana propiedad	Entre 20 y 200 has	79	3448,1	50,16
Gran propiedad	>200 has	1	471,83	6,86
TOTAL		783	6784,85	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de IGAC, 2012 y mapa predial de la cuenca del río Cubillos.

En cuanto al patrón de distribución espacial se puede observar que los predios de los medianos propietarios (20 a 200 ha) son dominantes en la parte alta de la cuenca, alrededor y por encima de la cota de los 3.500 m mientras que los microfundios, los minifundios y la pequeña propiedad dominan se localizan hacia la parte media y baja de la cuenca(Fig 4 y 5).

Figura 4. Rangos prediales de a cuerdo a IGAC (2012) para la cuenca del río Cubillos



Fuente: Elaboración propia a partir de planchas 209-I-A-3 Y 4, 209-I-C-1,2,3,4 Escala 1:10,000. e IGAC, 2012

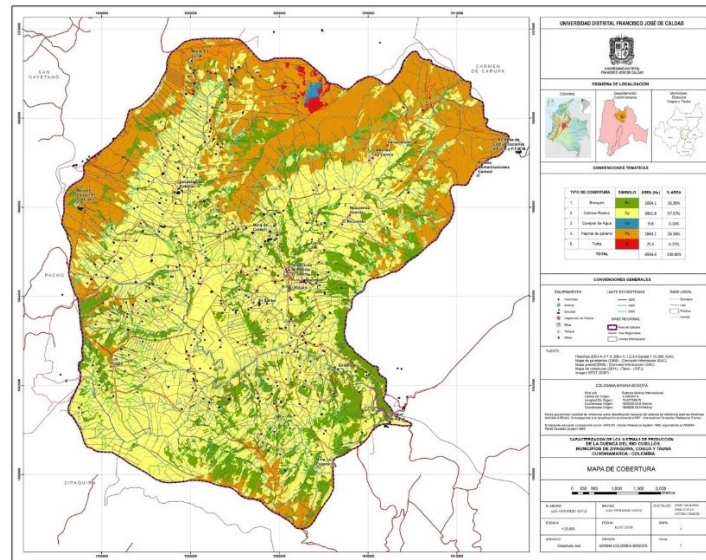
La fuerte fragmentación predial, encontrada para la zona media y baja de la cuenca del río Cubillos, está en correspondencia con lo que plantea Guhl (2016) sobre el proceso inicial de ocupación de las vertientes más altas de Los Andes colombianos, que se limitaron a cotas inferiores de los 3400 m equivalente al ecosistema de subpáramo, en donde básicamente se realizaban actividades culturales asociadas a la siembra de papa y actividades ganaderas de baja intensidad. El mismo autor refiere que por las condiciones extremas de clima y suelos las zonas de páramo tardaron más tiempo para ser ocupadas.

- Coberturas vegetales

En la figura 6 y en la tabla 4 se observa que el 57.7% de área de la cuenca del río Cubillos esta constituida por una matriz de pastos-cultivos mientras que el bosque Alto Andino ocupa el 15%, y los arbustales del subpáramo el 14.58%, de tal manera que la

vegetación original de estos ecosistemas ha sido reducida y fragmentada significativamente por los sistemas de producción agropecuarios basados en el cultivo de papa y ganadería que se han implementado en la cuenca. Se puede afirmar que la periodicidad y el grado de impacto de las actividades antrópicas sobre la vegetación de la cuenca del río Cubillos es la misma que describe Méndez (2006) para el páramo de Guerrero y que permite entender el grado de transformación que actualmente caracteriza la cuenca.

Figura 5. Coberturas vegetales de la cuenca del río Cubillos



Fuente: Elaboración propia a partir de planchas 209-I-A-3 y 4, 209-I-C-1,2,3,4 Escala 1: 10,000. IGAC, imagen Spot 2007 y trabajo de campo.

Las pequeñas manchas de bosque Alto Andino y los pajonales de páramo que aún existen se encuentran localizadas en zonas que no permiten el desarrollo de actividades agropecuarias debido a sus altas pendientes, baja fertilidad de los suelos y condiciones climáticas que limitan la implementación del cultivo de papa y la siembra de pastos para corte o forraje. Sobre los pajonales de páramo en donde la pendiente lo permite se presenta pastoreo intermitente de ganado vacuno que de acuerdo con Vargas et. Al. (2002) genera compactación del suelo y alteración de la capacidad natural de regeneración debido a un cambio significativo en el banco de semillas de este ecosistema. La compactación hace que los suelos disminuyan su capacidad de retención de agua y, por tanto, que se altere su capacidad de regulación hídrica haciendo que el caudal de escorrentía aumente haciendo torrencial la cuenca durante los

periodos de precipitación.

La tabla 4 corresponde a una propuesta de categorización y análisis de la vegetación natural que debería existir en la cuenca del río Cubillos teniendo en cuenta los rangos altitudinales establecidos por Van Der Hammen & Cleff (1998) y Cuatrecasas (1989), y elaborados como modelo de referencia para establecer el grado de alteración de las coberturas vegetales de la cuenca. En la tabla No. 5 se establecen los valores de las coberturas vegetales que actualmente se encuentra en la cuenca del río Cubillos por cada uno de los ecosistemas que allí se deberían encontrar. Como se observa, el área total del bosque Alto Andino debería ser de 2.283,25 ha y actualmente el 81,91% de esta superficie tiene cultivos de papa y de pastos plantados, en tanto que el porcentaje del bosque relictual es apenas del 18,09%, lo cual evidencia la gran transformación que históricamente han tenido las coberturas vegetales de este ecosistema.

Tabla 4. Cobertura actual por ecosistema de referencia de la cuenca del río Cubillos

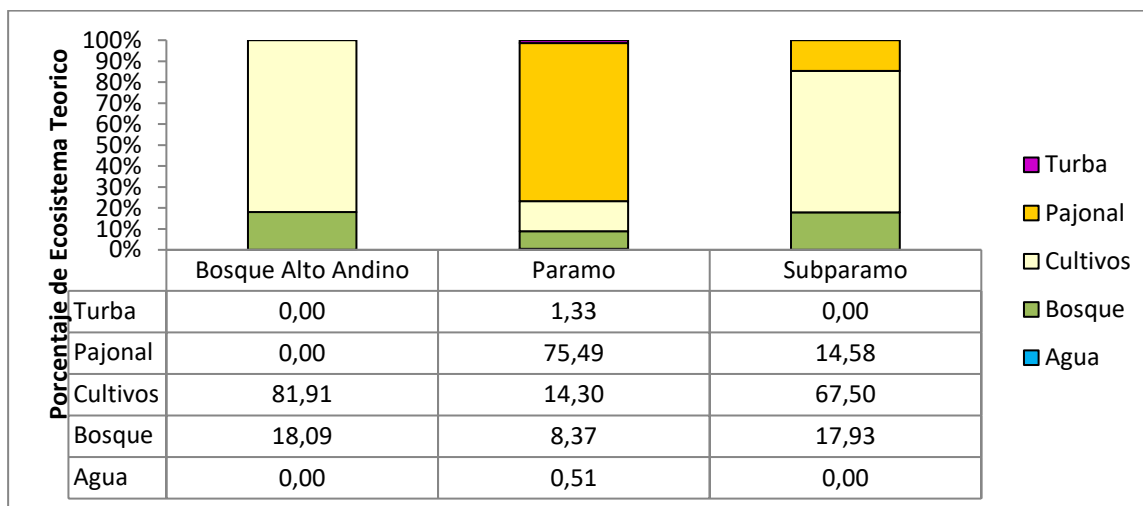
ECOSISTEMA TEÓRICO	COBERTURA	ÁREA (ha)	% ÁREA DE ECOSISTEMA DE REFERENCIA
Bosque Alto Andino	Agua	0,00	0,00
	Bosque	412,75	18,09
	Cultivos	1868,47	81,91
	Pajonal	0,00	0,00
	Turba	0,00	0,00
	Subtotal	2283,25	100,00
Páramo	Agua	9,81	0,51
	Bosque	160,06	8,37
	Cultivos	273,38	14,30
	Pajonal	1443,62	75,49
	Turba	25,53	1,33
	Subtotal	1915,17	100,00
Subpáramo	Agua	0,00	0,00
	Bosque	491,32	17,93
	Cultivos	1850,02	67,50
	Pajonal	399,49	14,58
	Turba	0,00	0,00
	Subtotal	2746,77	100,00
TOTAL	6945,19		

Fuente: Elaboración propia a partir de mapa de coberturas vegetales de la cuenca del río Cubillos 2018.

En el caso del subpáramo, su área debería estar alrededor de las 2.746,77 ha, y actualmente el 67,5% de este valor corresponde a cultivos de papa y pastos plantados, el 17,93% corresponde a bosques y el 14,58% a pajonales de subpáramo. Estos datos se corresponden con los mencionados por Van der Hammen et. al. (2002), para el páramo de

Laguna Verde que hace parte de la cuenca del río Cubillos y que evidencia el cambio drástico de los arbustales y pajonales del subpáramo por la actividad agropecuaria de grandes y medianos propietarios.

Tabla 5. Porcentaje actual de cobertura de los ecosistemas de referencia de la cuenca del río Cubillos



Fuente: Elaboración propia a partir de mapa de coberturas de la cuenca del río Cubillos 2018.

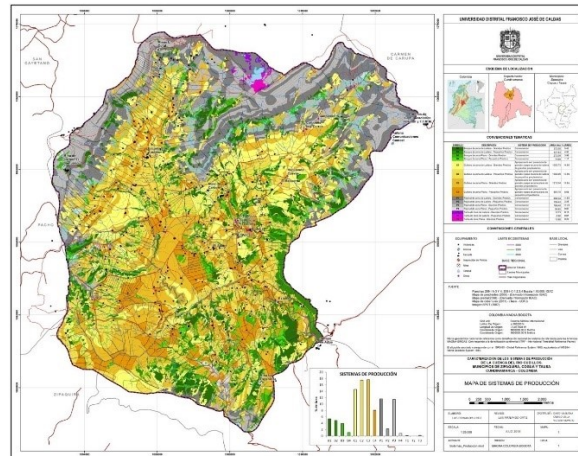
Las coberturas del páramo propiamente dicho (por encima de 3500 m.) son las más conservadas ocupando el 75,49% de las 1.915,17 ha que teóricamente debería tener este ecosistema, el 14,3% del área de páramo tiene cultivos de papa, debido a las bajas temperaturas, suelos poco fértiles y el establecimiento de la reserva de protección por parte de la CAR y el municipio de Tausa de Laguna Verde. En tal sentido, el 8,37% presenta bosques de galería constituidos por *Weinmannia* y *Polylepis* en zonas resguardadas de la acción de los vientos y finalmente las zonas de turbera ocupan el 1,33% correspondiendo a 25,53 ha que son muy importantes conservar debido a su biodiversidad y su función hidrológica para la cuenca.

De este análisis se concluye, que son principalmente los medianos (20 a 200 ha) y grandes propietarios (> 200 ha) los responsables de la drástica alteración de las coberturas vegetales asociadas al subpáramo y del avance de la frontera agropecuaria sobre el ecosistema de páramo.

- ***Sistemas de producción identificados***

En la cuenca del río Cubillos fueron identificados 15 sistemas productivos (Fig. 8 y tabla 6), que se pueden asociar en cuatro grandes grupos: 1) Agropecuarios con presencia de papa y ganado sobre diferentes relieves pertenecientes a grandes y pequeños propietarios, que ocupan que ocupan el 57,73% del área total de la cuenca; 2) Bosques sobre diferentes relieves de grandes y pequeños propietarios que ocupan el 15,41% del área total de la zona de estudio; 3) Pajonales de páramo sobre diferentes relieves pertenecientes a grandes y pequeños propietarios que representan el 26,25% del área total y, 4) Turbas sobre diferentes tipos de relieve de grandes y pequeños propietarios y un porcentaje de 0,37%. Los sistemas productivos predominantes son los agropecuarios de grandes propietarios que suman 2.215,07 ha correspondientes al 32,45% del área total de la cuenca, en tanto que los sistemas agropecuarios de pequeños productores suman 1.757,65 ha equivalentes a 25,73%. Estos datos confirman el patrón de distribución y tenencia de la tierra que fue establecida en los análisis anteriores y muestra que el tipo de sistema productivo dominante en la cuenca es el agroindustrial de grandes propietarios.

Figura 6. Sistemas de producción identificados en la cuenca del río Cubillos



Fuente: Elaboración propia a partir de mapa de coberturas vegetales, tamaño predial y pendientes derivados de IGAC, 2006

Tabla 6. Leyenda mapa de sistemas de producción de la cuenca del río Cubillos

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	SISTEMA DE PRODUCCIÓN	ÁREA (Ha)	% (ÁREA)
B1	Bosque de zona de Ladera - Grandes Predios	Conservación	372.05	5.42
B2	Bosque de zona de Ladera - Pequeños Predios	Conservación	337.63	4.92
B3	Bosque de zona Plana - Grandes Predios	Conservación	272.05	3.96
B4	Bosque de zona Plana - Pequeños Predios	Conservación	75.98	1.11
C1	Cultivos de zona de Ladera - Grandes Predios	Agropecuário con presencia de ganado y papa en zona de ladera de grandes propietarios	1002.73	14.60
C2	Cultivos de zona de Ladera - Pequeños Predios	Agropecuário con presencia de ganado y papa en zona de ladera de pequeños propietarios	1202.09	17.50
C3	Cultivos de zona Plana - Grandes Predios	Agropecuário con presencia de ganado y papa en zona plana de grandes propietarios	1212.34	17.65
C4	Cultivos de zona Plana - Pequeños Predios	Agropecuário con presencia de ganado y papa en zona plana de pequeños propietarios	554.75	8.08
P1	Pajonal de zona de Ladera - Grandes Predios	Conservación	800.24	11.65
P2	Pajonal de zona de Ladera - Pequeños Predios	Conservación	156.43	2.28
P3	Pajonal de zona Plana - Grandes Predios	Conservación	789.40	11.49
P4	Pajonal de zona Plana - Pequeños Predios	Conservación	56.92	0.83
T1	Turba de zona de Ladera - Grandes Predios	Conservación	10.73	0.16
T2	Turba de zona de Ladera - Pequeños Predios	Conservación	0.80	0.01
T3	Turba de zona Plana - Grandes Predios	Conservación	13.80	0.20

Fuente: Elaboración propia a partir de mapa de coberturas vegetales 2018.

Es de destacar que tanto los sistemas productivos de grandes propietarios como los de los pequeños se basan en el monocultivo de la papa, el uso intensivo de abonos químicos, el uso del tractor como herramienta de trabajo para la preparación del suelo, la siembra de pastos mejorados y la utilización de varios cruces de ganado bovino para carne y leche. Las características tecnológicas y productivas de los sistemas de producción encontrados se corresponden con el modelo de agricultura tipo revolución verde que de acuerdo con Chaves (2011) se instaló en el páramo de Guerrero y, por tanto, en las cuencas que allí nacen, transformando de manera drástica los sistemas de producción campesinos o de agricultura familiar, haciendo a los campesinos cada vez más dependientes de insumos y llevándolos a fuertes procesos de marginación.

Comparando los sistemas de producción por tipo de relieve se observa que en las zonas planas el área ocupada por los grandes productores es de 1212,34 ha que corresponde al doble de la ocupada por los pequeños productores equivalente a 554,75 ha, lo que permite concluir que la mayoría de suelos con mejores características para la producción agropecuaria pertenecen a los grandes propietarios. Para el caso de las zonas de ladera el área ocupada por los pequeños productores es de 1202,09 ha que es mayor a la de grandes propietarios correspondiente a 1002,73 ha. Esta situación pone de manifiesto que la mayor fragmentación de los predios se ubica en zonas en donde los suelos presentan condiciones más adversas para la producción agropecuaria y, por tanto, la presión sobre este y las coberturas vegetales y el la dinámica del agua es más fuerte.

Como se observa en la tabla 6, los sistemas de producción que deben ser destinados

para la conservación y que corresponden a zonas de bosques, pajonales de páramo y zonas de turberas tanto de grandes como de pequeños propietarios sobre diferentes tipos de relieve suman un área total de 2.884,62 ha correspondiente a 42,27% del área de la cuenca y sobre ellos se debe evitar la realización de cualquier actividad productiva debido a su importancia biológica e hidrológica.

- ***Características de los sistemas de producción de grandes propietarios***

Los sistemas de producción agropecuarios de grandes propietarios sobre zonas de ladera se localizan principalmente entre las cotas de los 3300 y los 3600 m en la franja altitudinal correspondiente a las zonas de transición entre los ecosistemas de bosque Alto andino-Subpáramo-Páramo y parcialmente a los depósitos morrenicos existentes en la cuenca. De la misma manera, los sistemas productivos de grandes propietarios sobre zonas planas se localizan en los relieves glaciares tanto en la parte alta de la cuenca alrededor de los 3500 m y sobre los valles glaciares del río Guandoque y Cuevas en la parte media y baja de la Cuenca.

Estos sistemas de producción se caracterizan por tener procesos productivos alternos de papa y ganadería de bovinos de tipo agroindustrial a partir de los cuales se busca generar la mayor productividad económica sin tener en cuenta consideraciones de tipo ambiental o social. Lo que se produce es comercializado en los mercados locales de Tausa, Cogua, Zipaquirá, Carmen de Carupa y principalmente en la Central de Abastos de la ciudad de Bogotá. En las unidades productivas de manera permanente hay zonas cultivadas en papa y en pastos, pero debido a las condiciones de baja fertilidad de los suelos, el sistema rotacional del uso de la tierra es dos años en cultivo de papa y de tres a cuatro años en pastos. Además, se utiliza una gran cantidad de fertilizantes, fungicidas e insecticidas químicos, al igual que el tractor para la adecuación de los suelos.

En términos socioeconómicos las principales características de estos sistemas de producción son la disponibilidad de un capital considerable por parte del propietario para adelantar las actividades productivas y, por tanto, pueden cultivar papa y sembrar pastos simultáneamente en su predio y en fincas que son tomadas en arriendo dentro de la cuenca o por fuera de ella. De la misma manera, pueden vivir en su predio o ser propietarios ausentistas

que delegan la administración de sus predios en un mayordomo. Toda la producción que se realiza es para la venta y no se produce para el autoconsumo. Las diferentes labores agrícolas y pecuarias son realizadas mediante la utilización de tractor de doble tracción que en la mayoría de los casos es propio e igualmente utiliza sistemas de riego para el cultivo de papa y la siembra de los pastos. Estos propietarios utilizan semillas certificadas y pueden disponer de transporte propio para movilizar su producción a los centros de comercialización.

Este sistema de producción tiene unos fuertes impactos sobre toda la dinámica ecosistémica, hidrológica y edáfica de la cuenca porque para el establecimiento de los cultivos y los pastizales se remueven completamente las coberturas naturales correspondientes a los ecosistemas de bosque Alto andino, Subpáramo y páramo y no se permite el establecimiento de los procesos sucesionales de recuperación de coberturas vegetales (Fig. 9).



Figura 9. Preparación del suelo y remoción del bosque alto andino de la parte alta de la cuenca del río Cubillos para el establecimiento de cultivos de papa en sistemas productivos de grandes propietarios sobre zona de ladera.

La remoción total de las coberturas vegetales de los ecosistemas de páramo, subpáramo y bosque alto andino por estos sistemas de producción genera varios impactos en la estructura ecohidrológica de la cuenca que alteran su dinámica hidrológica. La pérdida de cobertura vegetal, la erosión y la compactación del suelo por sobrepastoreo incide en la dinámica hidrológica de la cuenca debido a que estos dos componentes geo-ecosistémicos son los encargados de balancear la relación infiltración/ escurrimiento en las cuencas de alta montaña. La desaparición del escurrimiento fustal por la pérdida de la cobertura vegetal unida a la baja capacidad de retención hídrica de los suelos por erosión y compactación hacen que el escurrimiento superficial sea mucho más rápido y que los picos de los caudales sean muy

marcados haciendo que el tiempo de concentración disminuya lo cual acentúa los picos en el hidrograma de la cuenca durante los periodos lluviosos y, a su vez, durante los periodos secos.

En las épocas de lluvia los caudales suben de manera considerable mientras que en las épocas secas descienden de manera significativa afectando el ciclo hidrológico de la cuenca y la disponibilidad de agua para consumo y riego a tal punto que algunos productores han tenido que hacer reservorios de agua para disponer de este recurso durante las épocas secas. Además de los efectos sobre los caudales, los sistemas de producción de los propietarios más grandes afectan la calidad de las aguas debido a que a las corrientes llega gran cantidad de suelo que es erosionado y también llegan trazas de los productos químicos que son utilizados de manera intensiva en este sistema de producción.

- ***Características de los sistemas de producción de pequeños propietarios***

Los sistemas de producción agropecuarios de pequeños propietarios sobre zonas de ladera se localizan en las partes altas de las vertientes del río Guandoque y Cuevas por debajo de la cota de los 3500 m en las veredas de San Antonio y El Salitre pertenecientes al municipio de Tausa. Igualmente, se encuentran en la parte media de la cuenca sobre las divisorias de agua occidental y oriental pertenecientes a los municipios de Cogua y Tausa. Estos sistemas de producción, como fue mencionado, ocupan mayor área que los de grandes propietarios localizados en el mismo tipo de relieve, lo cual evidencia que la mayoría de pequeños productores adelantan sus actividades productivas en zonas con baja vocación agropecuaria.

Con relación a la distribución espacial de los sistemas de producción agropecuaria de pequeños propietarios sobre zonas planas se puede observar que tienen un patrón de distribución dispersa en la parte media y baja de la cuenca entre las cotas de los 3000 y los 3300 m que corresponde al rango altitudinal en donde se encontraría el bosque Alto Andino. El área ocupada en la cuenca por este sistema de producción corresponde a la mitad de la ocupada por el sistema de producción agropecuario de grandes propietarios sobre el mismo tipo de relieve lo que pone de manifiesto que los suelos con mejores condiciones para la producción agrícola están concentrados en los grandes propietarios (Tabla 5).

En general el proceso productivo en estos sistemas de producción es muy similar al

desarrollado por los grandes propietarios y se basa fundamentalmente en el modelo agroindustrial de la papa y ganadería tradicional, sin embargo se presentan algunas variaciones asociadas a la persistencia de elementos de sistemas tradicionales campesinos como la huerta casera, desarrollo de algunas actividades productivas en familia o con vecinos, la utilización en algunos casos de abonos orgánicos, la producción combinada para el autoconsumo y la venta, la utilización de bueyes para surcar y aporcar y el mantenimiento o respeto de las fragmentadas coberturas vegetales arbustivas o arbóreas localizadas en los márgenes hídricos y las zonas de ladera. De la misma manera, la baja disponibilidad de recursos económicos condiciona las actividades productivas por lo cual los productores toman en arriendo principalmente predios para pastar el ganado y no para el cultivo de papa, al no poseer tractor lo deben contratar por horas, así mismo no utilizan sistemas de riego en sus predios y tampoco tienen transporte propio por lo cual deben vender sus productos a los intermediarios.

En estos sistemas de producción además de la siembra de las variedades comerciales de papa suprema, marengo y pastusa se siembran otros productos a menor escala para el autoconsumo y la venta como la papa criolla, cebolla, cilantro, tallos, repollo, habas, cubios, alverja y zanahoria. Los abonos y el control de las enfermedades de la papa como la gota, el gusano blanco y la roya se hacen mediante la utilización intensiva de agroquímicos mientras que para el resto de cultivos se utilizan abonos orgánicos como la gallinaza y el estiércol del ganado.

Estos sistemas de producción por tener elementos de la agricultura familiar, se constituyen en un referente para diseñar e implementar nuevos modelos productivos más compatibles con las condiciones eco-hidrológicas y socio-culturas de la cuenca del río Cubillos, y en general de las cuencas alto andinas.

- ***Consideraciones finales***

Pese a la baja fertilidad de los suelos y a la localización de la cuenca del río Cubillos en una zona de alta montaña sobre el páramo de Guerrero, allí existen condiciones biofísicas asociadas a las geformas fluvio-glaciares, a partir de las cuales se han desarrollado sistemas de producción agropecuarios. Estas condiciones están representadas por la existencia de una zona

amplia de bajas pendientes, inferiores al 12%, que corresponde al 43,25% del área total de la cuenca en donde se desarrollan suelos de medianamente profundos a profundos que favorecen su laboreo manual y mecánico. Adicionalmente, en la cuenca se presentan condiciones climáticas que permiten el control natural de plagas y enfermedades.

La cobertura vegetal que actualmente predomina en la cuenca del río Cubillos es antrópica y está constituida por una matriz de pastos-cultivo de papa que ocupa el 57,7% del área total de la cuenca y se localiza en sus partes alta, media y baja predominantemente sobre geoformas de pendientes suaves asociadas a modelados glaciares. Este porcentaje indica que cerca del 60% de las coberturas vegetales originales de la cuenca han sido totalmente transformadas y reconvertidas a coberturas productivas. El porcentaje de transformación encontrado para las diferentes coberturas de los ecosistemas originales muestra que el Bosque Alto Andino es el más transformado (81.91%), seguido del subpáramo (67%) y la menos alterada es la del páramo propiamente dicho correspondiente al 14%. Esta fuerte fragmentación de las coberturas vegetales se fundamentó en la implementación de sistemas agroindustriales basados en el monocultivo de papa y pastos y ha generado fuertes desbalances en el ciclo hidrológico de la cuenca en función de la pérdida de los mecanismos de regulación hídrica que tiene el bosque Alto andino, el subpáramo y el páramo.

Las coberturas vegetales naturales de la cuenca del río Cubillos, principalmente las de bosque Alto Andino y subpáramo, han sido fuertemente impactadas y fragmentadas por los sistemas de producción agropecuarios de tipo agroindustrial, basados en el monocultivo de la papa y la ganadería intensiva y extensiva que se desarrolla sobre pastos limpios. El alto porcentaje de área de la cuenca utilizado para cultivos de papa y pastos entre los 3000 y los 3500 m evidencia la drástica transformación de la vegetación característica de los ecosistemas localizados sobre esta franja altitudinal. Así mismo, la vegetación de páramo ha sido impactada en su estructura y composición debido al cultivo de papa y al pastoreo intensivo al que ha sido sometida principalmente por los grandes propietarios. La transformación intencionada y no planificada de las coberturas, sumada al impacto sobre los suelos, ha generado efectos negativos sobre el ciclo hidrológico disminuyendo la capacidad de retención y almacenamiento hídrico de la cuenca. Este fenómeno genera cambios bruscos en los caudales de las corrientes que son determinados por las épocas secas y de lluvia limitando las actividades agrícolas y

pecuarias, de tal manera que se observa una tendencia en la construcción de sistemas de almacenamiento de agua para poder desarrollar las actividades agropecuarias.

Es necesario generar cambios y ajustes en los sistemas de producción tanto de grandes propietarios como de pequeños propietarios, que se localizan en la parte media y baja de la cuenca (3000-3500 m), incorporando en ellos nuevas tecnologías que limiten o reduzcan el efecto del tractor sobre los suelos y la vegetación, disminuyan el uso intensivo de agroquímicos e incorporando la vegetación arbórea y arbustiva como parte del sistema productivo, de tal manera que se permita la recuperación de las coberturas vegetales, su conectividad y su funcionalidad hidrorreguladora. Los ajustes y cambios en los sistemas de producción deben ir acompañados de acciones de restauración ecológica sobre los relictos de bosque alto Andino y subpáramo localizados en zonas de ladera y sobre las márgenes hídricas para recuperar la estructura ecohidrológica de la cuenca.

Finalmente, se recomienda que se utilicen instrumentos de política pública para limitar la implementación de sistemas productivos agroindustriales de grandes y pequeños productores por encima de los 3500 m en la cuenca alta del río Cubillos sobre el ecosistema de páramo propiamente dicho. Estos instrumentos deben tener como referencia el artículo 58 de la Constitución Nacional de 1991 referente a la función social y ecológica de la propiedad; la Ley No. 1930 del 27 julio de 2018 por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia; el Decreto 1640 del 2012 sobre la reglamentación de los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos; el Plan de manejo de la reserva forestal protectora páramo de Guargua y Laguna Verde y los distritos de manejo integrado páramo de Guerrero y páramo de Guargua y Laguna Verde; así como los Esquemas de Ordenamiento Territorial de los municipios de Tausa, Cogua y Zipaquirá.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blanco, C.M., Ließ, M., Brito, V.M., Crespo, P. Spatial prediction of soil water retention in a Páramo landscape: Methodological insight into machine learning using random forest. En *Geoderma*, Vol. 316:100-114. 2018.

Buytaer, W., Céller, R., De Bièvre, B., Cisneros, F.. Hidrología del páramo andino: propiedades, importancia y vulnerabilidad. *Revista Colombia tiene Páramos*. No. 2, 8-27. 2014.

CAR. *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá*. Bogotá: Corporación Autónoma Regional. 2006.

Carmona, A., Nahuelhual, Laura. *Tipificación y caracterización de sistemas prediales: caso de estudio en Ancud, Isla de Chiloé*. Agro Sur 37(3) 189-199. 2009.

CEPAL. *Gestión para el desarrollo de cuencas de alta montaña en la región Andina*. Santiago de Chile: CEPAL. 1988.

Chaves, J.M. *Análisis multicriterio de la sustentabilidad ambiental de los sistemas productivos agropecuarios presentes en la alta montaña del complejo páramo de Guerrero*. Tesis de maestría. Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2011.

Cleef, A.M. Origen, evolución, estructura y diversidad biológica de la alta montaña colombiana. En: *Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: Memoria del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos*. Bogotá: Minambiente e Instituto Humboldt. 2013.

Cleef, A.M. The vegetation of the páramos of the Colombian Cordillera Oriental. *Mededelingen van het Botanisch Museum en Herbarium van de Rijksuniversiteit te Utrecht*. Volume 48, p 1-320. 1981.

Congreso de Colombia. Ley 1930, por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia. Bogotá. 2018.

Conservación Internacional. (2013). *Diseño detallado del corredor de conservación para las áreas de restauración y uso sostenible - Zona Norte – Fase II*. Bogotá: Conservación Internacional.

Conservación Internacional. *Proyecto Piloto para la conservación y uso sostenible del páramo de Guerrero*. Bogotá: Conservación Internacional. 2002.

Cuatrecasas, J. *Aspectos de la vegetación natural en Colombia*. En *Revista Perez Arbelaezja*, Jardín Botánico de Bogotá, 2(8):155–283. 1989.

Dourojeanni, A.; Molina, M. *El poblador rural, el manejo del agua en las cuencas alto andinas y el rol del Estado*. Quito: CEPAL. 1982.

Esguerra, S.; Bejarano, P.; Rodríguez, O.; Blanco, J.; Jaramillo, O.; Sanclemente G. *Corredor de Conservación Chingaza – Sumapaz – Guerrero. Resultados del Diseño y Lineamientos de Acción*. Bogotá: Conservación Internacional; Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ESP. 2011.

Farnwordth, E; Golley, F. *Grágile ecosystem. Evaluation of research and applicaxions in the Neotropics. A Raport of teb Institute of Ecology (TIE)*. New York: Springer-Verlag. 1973.

Faustino, M. J. *Del Manejo a la Cogestión de Cuencas Hidrográficas. Taller Internacional Co-gestión de Cuencas Hidrográficas*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. 2005.

Flórez, A. *Colombia: Evolución de sus relieves y modelado. Red de Estudio de Espacio y Territorio.* Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2003.

García, M. *Valoración de los bienes y servicios ambientales provistos por el Páramo de Santurbán.* Bogotá: Fedesarrollo. 2013.

Greenpeace. *Páramos en peligro. El caso de la minería en Pisba.* Recuperado de: <http://www.greenpeace.org/colombia/Global/colombia/images/2013/paramos/12/Informe%20P%C3%A1ramos%20en%20peligro.pdf>. 2013.

Guhl, E. *Colombia: Bosquejo de su geografía tropical.* Bogotá: Universidad de Los Andes; Universidad Nacional de Colombia: Jardín Botánico José Celestino Mutis. 2016.

Hart, R. *Conceptos básicos sobre agroecosistemas.* Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. 1985.

Hofstede, R. Lo mucho que sabes del páramo. Apuntes sobre el conocimiento actual de la integridad, la transformación y la conservación del páramo. En: *Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: Memoria del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos.* Bogotá: Minambiente e Instituto Humboldt. 2013.

Hofstede, R., Segarra, P., Mena, V. (2003). *Los Páramos del Mundo.* Quito: Global Peatland Initiative /NC-IUCN/ EcoCiencia.

IGAC. *Atlas de la Distribución de la Propiedad Rural en Colombia.* Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2012.

Jiménez, F. Materiales del Curso Internacional ‘Manejo Integral de Cuencas’. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. 2005.

Machado, A., Torres, J. *El sistema agroalimentario: una visión integral de la cuestión agraria en América Latina.* Bogotá: Editorial Siglo XXI. 1987.

Méndez, O. *Análisis ambiental del cambio tecnológico en el cultivo de papa en Páramo de Guerrero, Cundinamarca (1930-2005).* Tesis Magister en Medio Ambiente y Desarrollo. Instituto de Estudios Ambientales – IDEA. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2006.

Ministerio del Medio Ambiente. *Programa para el Manejo Sostenible y Restauración de Ecosistemas de Alta Montaña colombiana.* Bogotá: Min Ambiente. 2002.

Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. DECRETO 1640. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. Bogotá. 2012.

Molano, J. Los páramos en la declinación del siglo XX. En: *Paramos y Bosques de Niebla.* Bogotá: Censat Agua Viva-Amigos de la tierra. 2000.

Molano, J. *El páramo de Guerrero: su situación.* Bogotá: Biblioteca Luis Angel Arango. 1999.

- Molano, J. *Medio ambiente y vida natural en los páramos: Páramo de Guerrero*. Bogotá. 1998.
- Molinillo, M. *Pastoreo en ecosistemas de páramo: Estrategias culturales e impactos sobre la vegetación en la cordillera de Mérida*. Venezuela. Tesis de maestría. Posgrado de Ecología Tropical. Universidad de los Andes. Mérida. 1992.
- Naranjo, L.G. *Humedales Interiores de Colombia: Bases Técnicas para la Conservación y su Uso Sostenible*. Bogotá: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 1999.
- Ortiz L.F. *Caracterización ambiental de la microcuenca de la quebrada Suzali en Cerrito, Santander*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1995.
- Podwojewski, P. *Los suelos de las altas tierras andinas: los páramos del Ecuador*. Quito: Instituto Francés de Investigación científica para el desarrollo en cooperación (ORSTOM). 1999.
- Premauer, J. *Efectos de diferentes regímenes de disturbio por quema y pastoreo sobre la estructura horizontal y vertical de la vegetación del páramo Parque Nacional Natural Chingaza*. Tesis de pregrado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1999.
- Sánchez, J. Aspectos genéticos y funcionales de los suelos de la alta montaña en Colombia. En: *Visión socioecosisémica de los páramos y la alta montaña colombiana: Memoria del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos*. Bogotá: Minambiente e Instituto Humboldt. 2013.
- Sánchez, J. Caracterización y zonificación y zonificación edafológica de ecosistemas de alta montaña de los páramos caucanos, municipio de Puracé, Silvia y Totoro. En: *Revista Análisis Geográficos*, número 33. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. 2006.
- Van Der Hammen, T., García, O. Los páramos: archipiélagos terrestres en el norte de los Andes. En: Morales et, al. *Atlas de páramos de Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 2007.
- Van der Hammen, T.; Pabón-Caicedo, J. D.; Gutiérrez, H.; Alarcón, J. C. El cambio global y los ecosistemas de Alta Montaña de Colombia. En: C. Castaño-Uribe (ed.) *Páramos y ecosistemas Alto Andinos de Colombia* Bogotá: IDEAM. 2002.
- Van Der Hammen, T. *Algunas observaciones sobre el manejo de los páramos*. En: *Paramos y Bosques de Niebla*. Bogotá: Censat Agua Viva-Amigo de la tierra. 2000.
- Van Der Hammen, T., A. Cleef. Developmen of the high andean páramo flora and vegetation. En: F. Vuilleumier y M. Monasterio (eds). *High Altitude Tropical Biogeography*. New York: Oxford University Press. 1986.
- Vargas, O. Disturbios en los páramos andinos. En: *Visión socioecosisémica de los páramos y la alta montaña colombiana: Memoria del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos*. Bogotá: Minambiente e Instituto Humboldt. 2013.

Vargas. O., Premauer. J., Cárdenas., C. Impacto de fuego y ganadería sobre la vegetación de páramo. En: *Memorias Congreso Mundial de Páramos*. Tomo II. Ministerio del Medio Ambiente, CAR, IDEAM, Conservación Internacional. Bogotá: Gente Nueva Editorial. 2002.

Valbuena, D. L. *Formulación de un modelo para determinar las tendencias de cambio de la cobertura vegetal en la cuenca del río Cubillos*. Tesis de grado de pregrado en Ingeniería Forestal. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2011.