

LEVANTAMIENTO Y MAPIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO MÁXIMO DE LA
TIERRA BAJO LA METODOLOGÍA TOSI EN LA MICROCUENCA DOÑA MARÍA

CARLOS MARIO URIBE GARCÍA
Ingeniero Agrónomo, Esp. Educ. Ambiental

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
Especialización en Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas.

Bogotá. D.C.
2018

LEVANTAMIENTO Y MAPIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO MÁXIMO DE LA
TIERRA BAJO LA METODOLOGÍA TOSI EN LA MICROCUENCA DOÑA MARÍA

CARLOS MARIO URIBE GARCÍA
Ingeniero Agrónomo, Esp. Educ. Ambiental

Trabajo presentado como requisito para optar al título de
Especialista en Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

Director del proyecto:
Jorge Alberto Sánchez Espinosa
Agrólogo. Msc., PhD en Ciencias Agrarias

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
Especialización en Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas.

Bogotá. D.C.
Enero de 2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, D. C. ____ de _____ 2018.

Contenido

1. PRESENTACIÓN .....	.xi
2. NOMBRE DEL PROYECTO	12
3. ANTECEDENTES	12
4. JUSTIFICACIÓN	14
5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
5.1. Descripción del problema	17
5.2. Delimitación del problema	20
5.3. Preguntas directrices del problema	21
6. OBJETIVOS	21
6.1. General.....	21
6.2. Específicos	21
7. MARCO DE REFERENCIA	22
7.1. Marco Teórico.....	22
7.2. Marco Legal.....	29
7.3. Marco Conceptual.....	31
7.4. Marco histórico	34
8. METODOLOGÍA.....	37
9. RESULTADOS.....	49
9.1. Situación actual. Uso mayor de la tierra	50
9.2. Situación posible. Uso mayor de la tierra	62
10. CONCLUSIONES.....	71
11. RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS.....	75
Anexo 1. Claves Tosi Para la cuenca Doña María.....	77
Anexo 2. Fotografías satelitales de la cuenca y su contexto.....	82

Lista de Anexos

Anexo 1. Claves Tosi Para la cuenca Doña María	77
Anexo 2. Fotografías satelitales de la cuenca y su contexto	82

Lista de gráficos

Gráfico 1. Ubicación de la parte alta y media de la microcuenca Doña María en el contexto nacional y regional de Antioquia y el valle de Aburrá.	23
Gráfico 2. Rangos de pendientes aplicados para todas las claves de TOSI en este estudio	41
Gráfico 3. Ecuación Universal de Erosión, incorporada en el sistema TOSI	43
Gráfico 4. Clave típica del sistema TOSI y ejercicio de aplicación.....	47
Gráfico 5. Resumen metodológico del proyecto.....	49

Lista de mapas

Mapa 1. Erosión histórica y activa en la parte alta y media de la cuenca Doña María Erosión.....	18
Mapa 2. Zona de Vida en la cuenca Doña María. Basado en (Área Metropolitana del Valle de Aburrá y CCTA, 2008).....	40
Mapa 3. Pendientes en la cuenca Doña María, con rangos TOSI ajustados.	42
Mapa 4. Unidades de suelos en la cuenca Doña María. Basado en (Corantioquia, AMVA y Cornare, 2017).	44
Mapa 5. Unidades de suelos vs pendientes en la cuenca Doña María. Basado en (Corantioquia, AMVA y Cornare, 2017) y (Área Metropolitana del Valle de Aburrá y CCTA, 2008).	45
Mapa 6. Uso mayor de la tierra, en la ZdeV de bp-M, en la cuenca Doña María.	51
Mapa 7. Uso mayor de la tierra, en la ZdeV de bh-MB, en la cuenca Doña María.	52
Mapa 8. Uso mayor de la tierra, en la ZdeV de bmh-MB, en la cuenca Doña María. .	54
Mapa 9. Uso mayor de la tierra, en la ZdeV de bmh-PM, en la cuenca Doña María. .	56
Mapa 10. Uso mayor de la tierra, en la ZdeV de bh-PM, en la cuenca Doña María. ..	58
Mapa 11. Uso mayor de la tierra, en las ZdeV de bh-PM y bmh-PM, en la cuenca Doña María (zona retiros).....	59
Mapa 12. Uso mayor de la tierra en la cuenca Doña María, bajo el sistema de manejo agrotecnológico Tradicional.	60
Mapa 13. Uso mayor de la tierra en la cuenca Doña María, bajo el sistema de manejo agrotecnológico Artesanal Avanzado.....	69

Lista de Tablas

Tabla 1. Área (Has) de los diferentes usos mayores (sistema TOSI) en la cuenca Doña María, bajo el sistema de manejo Tradicional	61
Tabla 2. Área (Has) de los diferentes usos mayores (sistema TOSI) en la cuenca Doña María, bajo el sistema de manejo Artesanal Avanzado	70

RESUMEN

La determinación de la capacidad del uso máximo de la tierra por medio de metodologías científicas e integrales resulta clave en los procesos de prevención de la erosión de suelos y degradación de tierras a nivel de cuencas hidrográficas y otros territorios. En Colombia ha predominado la metodología de las 8 clases agrológicas de USDA. Este trabajo presenta el desarrollo e implementación de la metodología Tosi, una metodología alternativa integral que cumple con la normatividad vigente y las recientes políticas para la gestión integral sostenible de los suelos. Se pretende que sirva de modelo para otras microcuencas, en la formulación y actualización de los PIOM en la cuenca del río Aburrá, y para generalizar la metodología Tosi en los POT, PBOT, EOT, PIOM, permitiendo que los mapas de capacidad de uso (uso potencial) sean levantados con esta metodología en los municipios del valle de Aburrá, Antioquia y quizás en un futuro a nivel nacional. Los resultados muestran que actualmente es posible desarrollar la metodología Tosi en todos los municipios del valle de Aburrá, y además que es factible disminuir los conflictos de uso de la tierra, conservar el suelo y otros bienes ambientales, no necesariamente cambiando el uso de la tierra, sino modificando los sistemas de manejo agrotecnológicos.

Palabras clave: Prevención de la erosión de suelos, Uso de la tierra, Clasificación de uso mayor de la tierra, Sistema Tosi, Cuenca Doña María, Ordenamiento de Microcuencas.

ABSTRACT

The determination of the capacity of the maximum use of the land by means of scientific and integral methodologies is key in the processes of prevention of soil erosion and land degradation at the level of river basins and other territories. In Colombia, the methodology of the 8 USDA agrological classes has predominated. This paper presents the development and implementation of the Tosi methodology, an integral alternative methodology that complies with current regulations and recent policies for the sustainable integral management of soils. It is intended to serve as a model for other micro watersheds, in the formulation and updating of the PIOMs in the Aburrá river basin, and to generalize the Tosi methodology in the POTs, PBOT, EOT, PIOM, allowing the use capacity maps (potential use) are raised with this methodology in the municipalities of the Aburrá Valley, Antioquia and perhaps in the future at a national level. The results show that it is now possible to develop the Tosi methodology in all the municipalities of the Aburrá valley, and also that it is feasible to reduce land use conflicts, conserve soil and other environmental goods, not necessarily changing the use of land, but by modifying agrotechnological management systems.

Key words: Prevention of soil erosion, Land use, Classification of land use, Tosi System, Doña María Basin, Microbasin Management.

1. PRESENTACIÓN

El presente trabajo contiene el proyecto que se desarrolló para optar al título de especialista en ordenamiento integral de cuencas hidrográficas en la cohorte 2018. El estudio se abordó en la microcuenca Doña María, al occidente del valle de Aburrá.

El trabajo se enmarcó en la línea de investigación en cuencas hidrográficas y específicamente en las temáticas de ordenamiento rural, zonificación y mapificación del uso máximo de la tierra dirigida a la conservación del suelo y la prevención de la erosión cuando se implementan prácticas de uso agropecuario y forestal. Pretende contribuir a la solución de la problemática de la erosión de suelos por usos de la tierra rurales, que es una de las problemática más relevantes en las cuencas hidrográficas de Colombia y en particular de esta microcuenca, considerada una de las más importantes entre las que hacen parte de la cuenca del río Aburrá, debido a su tamaño, aporte de caudal, presiones antrópicas y dinamismo socioambiental.

La investigación se encuadra en el tipo denominado “estudio de proyecto”, aunque tiene componentes de trabajo de campo que han sido realizados por el autor desde años atrás y se complementa con investigación monográfica en relación con la determinación y levantamiento de mapas de capacidad de uso mayor de la tierra en Colombia. El enfoque es sectorial y se centra en el suelo de las cuencas, su planificación, uso y manejo sostenible.

2. NOMBRE DEL PROYECTO

Levantamiento y mapificación de la capacidad de uso mayor de la tierra bajo la metodología TOSI en la microcuenca Doña María al occidente del Valle de Aburrá.

3. ANTECEDENTES

Los sistemas de clasificación de usos de la tierra en el mundo, y en particular en Colombia, son muy variados y además existen desde hace varias décadas. Sus características son bastante diversas: los hay simples, parciales, integrales, complejos, cualitativos, cuantitativos, productivistas, conservacionistas, adaptados a nuestras condiciones socioeconómicas y ambientales, y otros que no (Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1981) (Tosi, 1981) (Tosi, 1985).

El sistema de determinación y mapificación de la capacidad de uso mayor de la tierra en Colombia, fue propuesto por Joseph Tosi en 1972 quien, con el apoyo de un grupo interdisciplinario de científicos de las ciencias del suelo y del ambiente colombianos (centrados casi todos en el IGAC y la Universidad Nacional de Medellín, bajo el auspicio de la FAO), elaboró la primera propuesta integral de determinación y mapificación de tierras utilizable en actividades de planeación predial, local y regional.

Este sistema y metodología ha tenido algunos perfeccionamientos (Uribe G. & Vélez V., 1987), y en la actualidad puede decirse que es el mejor sistema de este tipo con que cuenta el país, a pesar de su poco uso. La baja aplicación del sistema se debe al desconocimiento de éste y otros métodos más adecuados para el país, en comparación con el sistema de las 8 clases agrologicas de USDA, que fue establecido durante la Alianza para el Progreso en toda Latinoamérica y que se ha mantenido

vigente en Colombia (a diferencia de los demás países), a pesar de su comprobada inconveniencia en los trópicos especialmente en los húmedos de montaña.

El aumento en la conciencia y el interés por detener el deterioro creciente de los suelos y con ellos el de otros recursos naturales y la biodiversidad, ha dado pie a que se formulen varias propuestas de sistemas, algunos de aplicabilidad regional y otros más restringidos. En estos empeños han participado la CVC, la Federación de Cafeteros, la CDMB, el IICA, la Universidad Nacional de Colombia-sede Medellín, etc. (Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1981).

Si bien el sistema de TOSI nació en Colombia, bajo un convenio UNAL-FAO, contradictoriamente en el país ha tenido poca aplicación; pero en cambio en otros países se han realizado adaptaciones al sistema y se han convertido en los sistemas de clasificación de usos de la tierra adoptados formalmente como Costa Rica y Perú.

En Colombia se tiene precedentes de la aplicación del sistema TOSI en la Sierra Nevada de Santa Marta (Pérez F, 1983) y a nivel local en el corregimiento de Santa Elena en el municipio de Medellín (Uribe G. & Vélez V., 1987) e indirectamente en la meseta de Bucaramanga con una leve modificación (Parent & et.al., 1990). Igualmente se propuso en la formulación de algunos PIOM del Área Metropolitana del Valle de Aburrá en 2007, pero se reversó parcialmente la medida debido a que se argumentó, por parte de los consultores, poco conocimiento sobre el sistema TOSI y por la carencia de alguna información secundaria que era indispensable para su aplicación (especialmente un estudio de suelos a nivel semidetallado o detallado para las microcuencas implicadas).

Este trabajo busca contribuir con el conocimiento general y la aplicación en campo y oficina del sistema de Tosi, en la perspectiva de generar conciencia sobre la necesidad socioambiental y de planificación de adoptar un sistema integral, aplicable y adaptado a nuestras condiciones reales del trópico, bajo tecnologías, culturas y sistemas de manejo que realmente existen en nuestro país; pero además aspira a actualizar y complementar la fundamentación teórica y práctica para la implementación del sistema Tosi de clasificación de tierras, dentro de los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial en las zonas rurales de Colombia, y además en los planes integrales de ordenamiento de microcuencas (PIOM) los cuales pueden tener como base el Sistema de Tosi en las zonas rurales de los municipios.

4. JUSTIFICACIÓN

Entre 2006 y 2008 las autoridades ambientales relacionadas con la cuenca del río Aburrá emprendieron un proceso de formulación de cerca de 15 PIOM en microcuencas priorizadas en la cuenca Aburrá, entre los cuales estuvo la microcuenca Doña María (Área Metropolitana del Valle de Aburrá y CCTA, 2008). El Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), inicialmente exigió que el levantamiento de los mapas de capacidad de uso de la tierra rural se realizaran por la metodología TOSI, pero debido a que los diferentes contratistas argumentaron que el método era muy complejo y se tenía poca experiencia al respecto, pero además se carecía de cierta información fundamental para la aplicación del sistema, no era posible su desarrollo sin inversiones muy fuertes y tiempos mayores. Esta situación hizo que la autoridad

ambiental reversara la exigencia y aceptara el sistema de las 8 clases como la metodología para el levantamiento de esta información.

Estudios de monitoreo ambiental en suelos, aguas, y bosques llevados a cabo en detalle en la microcuenca Doña María (Alcaldía de Medellín, 2008), (Alcaldía de Medellín y Corporación Pro Romeral, 2009), (Corporación Pro Romeral, 2010), (Alcaldía de Medellín y Corporación Pro Romeral, 2016), han demostrado que los fenómenos de erosión de suelos se han mantenido e incrementado en la microcuenca incluso en zonas donde no se presentan conflictos de uso según la metodología de las 8 claves agrológicas, por lo cual es urgente establecer otros métodos para esta determinación de la capacidad mayor del uso de la tierra, métodos que incluyan una visión más integral, no sólo edáfica y topográfica, sino socio tecnológica y ambiental (específicamente bioclimática), de manera que desde la planificación se contribuya a la prevención de la erosión edáfica derivada del uso de la tierra por actividades agropecuarias y forestales.

Actualmente varios de los “impedimentos” para establecer la metodología TOSI ya no existen en las microcuencas que integran la cuenca del río Aburrá. Ahora se tienen mejores y actualizados estudios en relación con los sistemas de manejo agropecuarios y forestales en los diferentes municipios, dado que las UMATAS y UDRAS los han realizado en los últimos años y además la actualización del POMCA del río Aburrá ha levantado un mapa de suelos escala 1:25.000 para toda la cuenca, el cual resulta suficiente a nivel de microcuencas, aunque en algunos casos quizás se necesiten estudios más refinados a nivel detallado o escala 1:10.000.

Esta situación ha llevado al planteamiento de la pregunta ¿Es posible ahora realizar la determinación y mapificación del uso mayor de la tierra por la metodología TOSI con la información secundaria existente en la cuenca Doña María?

Este proyecto buscó no sólo responder esta pregunta, sino desarrollar el método y ajustarlo de ser necesario, de manera que la experiencia en la cuenca Doña María sirva para generalizar la metodología TOSI en los POT, PBOT, EOT, PIOM, permitiendo que los mapas de capacidad de uso sean levantados con esta metodología inicialmente en los municipios de la cuenca del río Aburrá y luego en toda Antioquia y quizás en un futuro sea adoptado a nivel nacional, en procura de la conservación del suelo en las microcuencas de la región y del país.

5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El fenómeno de degradación de suelos en Colombia es reconocido ampliamente y la mayor parte de esta situación se relaciona con la erosión que en su mayoría tiene su origen en actividades agropecuarias ubicadas en zonas no aptas para esos usos y que además emplean sistemas de manejos inadecuados, no conservacionistas del suelo.

Estudios recientes señalan que en Colombia más del 48% de su superficie sufre fenómenos de erosión y más del 12% tiene erosión muy alta (MADS, 2014, pág. 38), (IDEAM, IGAC y MAVDT, 2010, pág. 46). El Ministerio de Ambiente reporta que más del 80% de la zona andina colombiana presenta fenómenos de erosión. Por su parte la Política para la Gestión Integral y Ambiental del Suelo (PGIAS) indica que la diversidad de organismos en el suelo es un indicador de su calidad y su pérdida representa deterioro y degradación del mismo (MADS, 2014), resaltando la importancia de los

horizontes orgánicos del suelo para el mantenimiento de las funciones ecosistémicas y productivas del mismo.

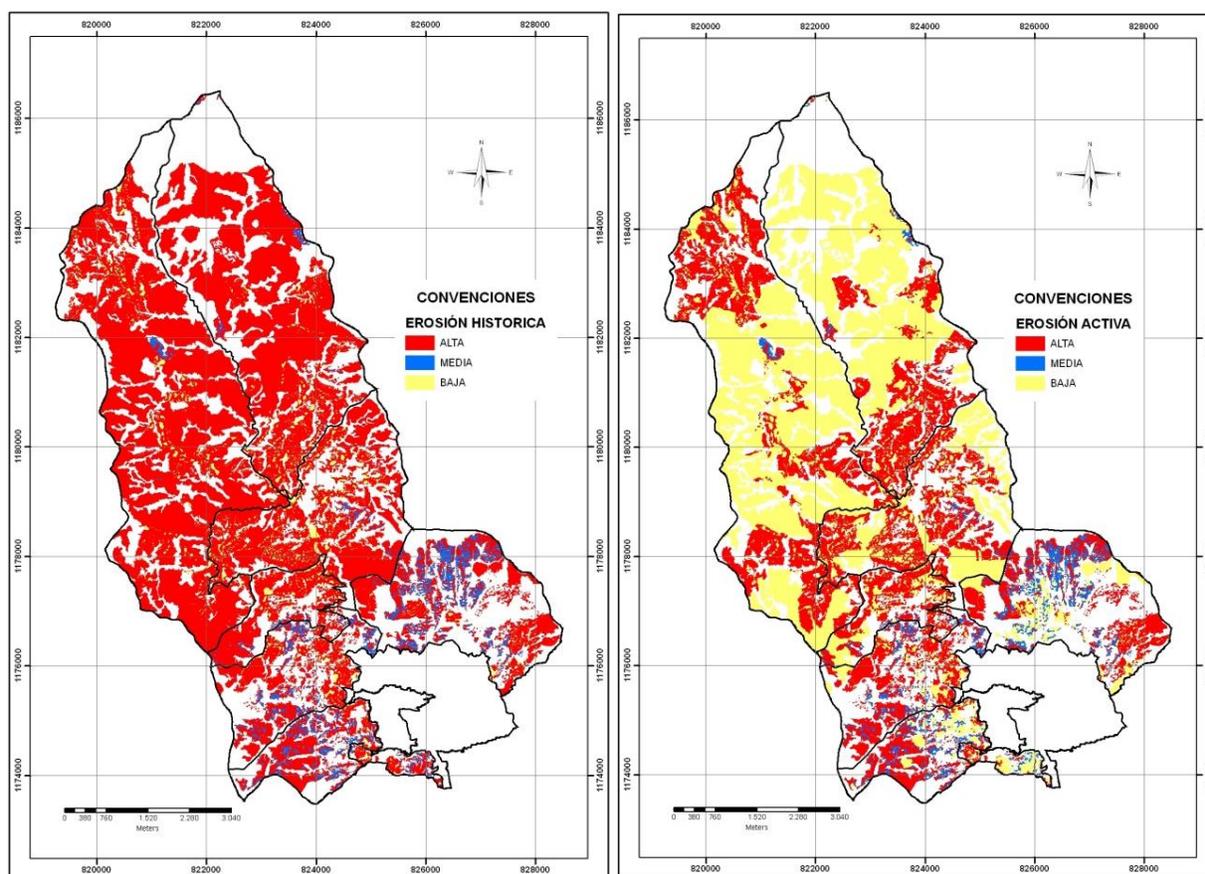
Cortés (1990) calcula en Colombia se pierden 426 millones de toneladas de suelo cada año y similar valor reporta el IDEAM (2012) (MADS, 2014, pág. 55), lo cual muestra la gravedad del fenómeno erosivo en el país, explicado en su mayor parte por los conflictos de uso y los inadecuados sistemas de manejo agrotecnológico.

La Política para la Gestión Sostenible del Suelo (PGSS), explicita que entre los variados factores que inciden en la degradación de los suelos y tierras, el uso y el manejo de los mismos, es el que puede tratarse con mayor facilidad y por eso, es fundamental el desarrollo e implementación de sistemas de clasificación integrales que incluyan además los sistemas de producción sostenibles (MADS, 2016, pág. 20)

5.1. Descripción del problema

Entre 2006 y 2007 se realizó un detallado estudio en la parte alta y media de la cuenca Doña María (en el corregimiento San Antonio de Prado del municipio de Medellín) relacionado con el estado actual e histórico de la erosión de suelos (ver mapa 1), llegándose a determinar que cerca del 70% de la cuenca alta y media, sufría algún grado de erosión histórica y cerca de la mitad lo sufría a niveles altos en cuanto a erosión activa (Alcaldía de Medellín. Secretaría del Medio Ambiente, 2007). Esta erosión es considerada por algunos expertos como un problema muy grave, ya que no sólo repercute en la oferta del agua (en calidad y cantidad), sino en la soberanía alimentaria de las comunidades asentadas en estos territorios y en la supervivencia de

las formas de producción rurales y la economía campesina. Adicionalmente se ha identificado que la erosión edáfica asociada a las actividades agropecuarias se relaciona con la gran actividad de movimientos en masa que se presentan en la parte alta y media de la cuenca (Alcaldía de Medellín y Corporación Pro Romeral, 2016).



De acuerdo con el POT de Medellín y con el PMA del Distrito de Manejo Integrado Divisoria Valle de Aburrá Río Cauca (DMI DVARC), cerca del 80% del territorio (cuenca alta y media) debería estar en conservación estricta y conservación-producción (Concejo de Medellín, 2014), (Corantioquia, 2015). Aspecto que no se cumple actualmente, pues la realidad muestra un elevado nivel de conflictos de uso, pero además el estudio de Agenda Ambiental Local demuestra que los fenómenos de

erosión están directamente relacionados con los sistemas de manejo agrotecnológicos inadecuados y con los conflictos de uso de la tierra (Alcaldía de Medellín. Secretaría del Medio Ambiente, 2007), lo cual ha sido corroborado por estudios posteriores (Alcaldía de Medellín, 2008), (Alcaldía de Medellín y Corporación Pro Romeral, 2012), (Alcaldía de Medellín y Corporación Pro Romeral, 2013), (Alcaldía de Medellín y Corporación Pro Romeral, 2016).

Estos fenómenos están repercutiendo de manera directa en otros fenómenos de degradación ambiental como el incremento inusitado de movimientos en masa, sedimentación de quebradas y afectaciones en la calidad del agua, pérdida de biodiversidad e incremento de presión sobre los bosques que son talados para abrir nuevos frentes con mejores suelos que muy rápidamente son de nuevo degradados (en menos de 3 años).

Los anteriores estudios, entre otros, recomiendan que la prevención de los fenómenos de erosión de suelos y sus impactos colaterales deben ser abordados desde una perspectiva de planificación del uso de la tierra a nivel de microcuenca y a nivel predial y que para ello se requiere la implementación de un sistema integral que considere variables reales no sólo edáficas y topográficas, sino además bioclimáticas, tecnológicas, culturales, sociales (enfoque de sistemas de producción y sistemas de manejo agrotecnológico), geomorfológicas y agronómicas. El sistema de TOSI cumple con todos estos requisitos.

Tanto el POT de Medellín como el PIOM de la Doña María realizan una zonificación muy general de este territorio, y además emplean el sistema de las 8 clases agrológicas de USDA, lo cual ha empeorado la situación en los últimos 15 años,

pues incluso aquellas zonas que no presentan conflictos de uso, según esta metodología, muestran un incremento importante de la erosión y especialmente de los fenómenos de reptación y movimientos en masa como derrumbes y deslizamientos, lo cual se explica por el sistema de manejo agrotecnológico usado en el territorio, además de las condiciones climáticas de alta humedad y pluviosidad.

Esta situación histórica exige un replanteamiento con relación al método de determinación de la capacidad de uso máximo de la tierra, considerando más variables que las que considera el método de las ocho clases agrológicas de USDA, dado que resulta insuficiente para esta determinación del uso potencial o mayor cuando las condiciones climáticas, tecnológicas y de sistema de manejo contribuyen a incrementar la presión sobre el suelo, su manejo y conservación o degradación.

5.2 Delimitación del problema

Este estudio propone algunos pequeños ajustes en dos componentes del sistema de TOSI y su aplicación integral en la cuenca alta y media de la Doña María (en el corregimiento San Antonio de Prado de del municipio de Medellín), de manera que contribuya a la conservación del suelo mediante una clasificación territorial del uso mayor a escala de microcuenca; pero además se busca que sirva como modelo para otras microcuencas, especialmente ahora que se aproximan las actualizaciones de los PIOM en la cuenca del río Aburrá y en particular teniendo en cuenta que uno de los mayores obstáculos ya ha sido superado: la inexistencia de un estudio de suelos a nivel semidetallado: este estudio existe a partir de 2017 con la actualización del

POMCA del río Aburrá que construyó un mapa de suelos a escala 1:25.000, a diferencia de la información anterior existente (mapa de suelos escala 1:100.000 levantado por el IGAC).

5.3. Preguntas directrices del problema

Basado en la información precedente se plantean las siguientes preguntas orientadoras del problema: ¿Es posible con la información disponible en la actualidad, aplicar integralmente el sistema de TOSI en la microcuenca Doña María, del valle de Aburrá? ¿Es posible validar los resultados de esta aplicación como el mapa de uso potencial de la tierra rural en los diferentes planes de ordenamiento a nivel municipal y de microcuencas?

6. OBJETIVOS

6.1 General

Realizar la determinación y mapificación de la capacidad de uso mayor de la tierra bajo la metodología TOSI en la microcuenca Doña María al occidente del Valle de Aburrá con el fin de que sirva como insumo para prevenir los procesos de erosión edáfica en la cuenca mediante acciones de ordenamiento y uso sostenible de la tierra.

6.2 Específicos

1. Realizar la caracterización de los diferentes componentes necesarios para la determinación de la capacidad de uso mayor de la tierra bajo la metodología TOSI en la zona rural (parte alta y media) de la microcuenca Doña María.

2. Ajustar, de ser necesario, algunos componentes de la metodología TOSI para determinar la capacidad de uso mayor de la tierra, con el fin de facilitar su aplicabilidad a partir de la nueva información disponible en Colombia.

3. Aplicar la metodología TOSI para la determinación de la capacidad de uso mayor de la tierra en la microcuenca Doña María.

7. MARCO DE REFERENCIA

7.1 Marco Teórico

La cuenca de la Doña María se ubica en la zona rural de Medellín y La Estrella, al occidente del valle de Aburrá y se enmarca en la subzona hidrográfica 2701-01 (Cuenca Río Aburrá) y bajo el código de subcuenca POMCA Aburrá 2016, N° 270101-071. Ocupa un área de 75,9 km², de los cuales 60,5 km² se encuentra en el corregimiento de San Antonio de Prado (Medellín), 11,2 Km² en el municipio de Itagüí y 4,21 km² en el municipio de La Estrella. La parte baja de la cuenca se ubica en Itagüí y está básicamente urbanizada. La parte alta y media de la cuenca se ubica principalmente en Medellín y en menor proporción en La Estrella (Área Metropolitana del Valle de Aburrá y CCTA, 2008). Esta subcuenca ocupa el 6% del total del área de la cuenca del río Aburrá (tercera por su tamaño, pero la mayor en Medellín). En las 3 fotografías aéreas del anexo 2, puede observarse con detalle la ubicación de la cuenca en el contexto metropolitano del valle de Aburrá y en el contexto de la cuenca del río Aburrá.

La parte alta y media de esta cuenca hace parte del Distrito de Manejo Integrado Divisoria Valle de Aburrá Río Cauca (DMI DVARC) y es una zona de alta provisión de servicios ecosistémicos, especialmente oferta hídrica para acueductos veredales y municipales, control de erosión y corredor biológico, además de regulador hidrológico y microclimático. Estos servicios ambientales están ligados básicamente a las coberturas boscosas de las partes altas y medias, por encima de la cota 2.350 y hasta la cota 3.050 (Alcaldía de Medellín y Corporación Pro Romeral, 2016).

En los últimos 30 años y con mayor énfasis en los últimos 20 años, San Antonio de Prado ha sufrido un fuerte proceso de urbanización pasando de 35.000 habitantes a más de 120.000 en la actualidad, generando fuertes presiones sobre las zonas rurales y demandando cada vez mayor cantidad de agua, a la vez que se incrementa la contaminación de las mismas, así como los fenómenos de erosión y la pérdida de biodiversidad.

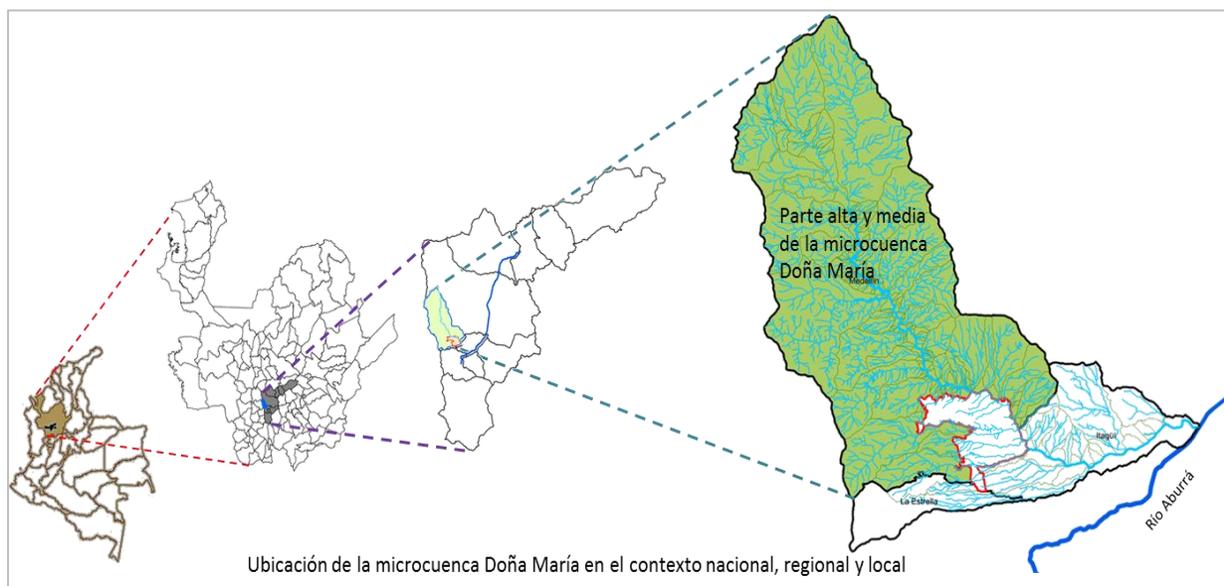


Gráfico 1. Ubicación de la parte alta y media de la microcuenca Doña María en el contexto nacional y regional de Antioquia y el valle de Aburrá.

El proyecto planteado buscó aplicar un sistema integral de determinación de la capacidad de uso mayor de la tierra en la citada microcuenca Doña María, en perspectiva de que pueda ser incorporado y adoptado por la próxima actualización del Plan de manejo de la microcuenca (PIOM de la Doña María).

En Colombia existen más de 10 sistemas de clasificación de uso de suelos y tierras, pero oficialmente se trabaja casi exclusivamente el de las 8 clases agrológicas de USDA, que contradictoriamente resulta ser uno de los más inconvenientes para el país (Uribe G., 2017), pero debido a su fácil aplicación se continúa usando a pesar de que en otros países de Latinoamérica ya fue abolido y sustituido por sistemas más integrales y realmente conservacionistas del suelo. La gran mayoría de estos sistemas están detallados en la revista "Suelos Ecuatoriales" de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1981), pero otros más se encuentran en libros independientes que no han logrado gran difusión (Tosi, 1981), (Tosi, 1985), (Parent & et.al., 1990).

De acuerdo con Uribe (2017) entre los sistemas más destacados de clasificación de tierras para determinar su uso máximo en Colombia se encuentran:

- SISTEMA DE LAS CLASES AGROLÓGICAS (USDA) (8 clases agrológicas)

Es principalmente cuali-cuantitativo, generaliza y unifica criterios edáficos y topográficos para condiciones ambientales (principalmente climáticas) distintas, generaliza y unifica criterios para condiciones sociales, culturales y tecnológicas diferentes, no es dinámico (el uso establecido no es modificable) ni adaptable al entorno real o planificado. Incluye 12 factores de evaluación, edáficos y topográficos

- SISTEMA DE LEVANTAMIENTO DE SUELOS Y ZONIFICACIÓN DE CULTIVOS EN ZONA CAFETERA (FNCC)

Está dirigido sólo a la zona cafetera Colombiana. No es propiamente un sistema de clasificación de tierras, sino más bien un grupo de parámetros que deben considerarse para ciertos cultivos. Contempla 4 grandes grupos de aspectos: Suelos, Clima, Socio-económicos, Requerimientos ecológicos de los cultivos (Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1981).

- SISTEMA DE ÍNDICE DE USO Y MANEJO (IUM) (CENICAFE)

Este sistema es el más completo desarrollado por la Federación de Cafeteros. Es un sistema conservacionista. Está basado en datos provenientes de investigaciones en la zona cafetera. Se apoya en los factores incluidos en la ecuación universal de erosión ($A=RKLS\text{C}P$). Es aplicable a nivel local y regional. Se enfoca al uso y manejo de suelos de ladera. Contempla grupos de áreas homogéneas de IUM, para las que se hacen recomendaciones de cultivos y manejo. Determina épocas apropiadas para prácticas agrícolas, según el índice de Fournier de probabilidad de agresividad de la lluvia. Puede ser complementario a otros sistemas de clasificación de tierras. Integra factores ambientales y tecnológicos. Es moderadamente dinámico. Se adapta bien a las condiciones reales de campo. Incluye evaluaciones cualitativas y cuantitativas (Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1981).

- SISTEMA DE ZONIFICACIÓN DE USO Y MANEJO DEL SUELO (CVC)

Desarrollado por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), con énfasis en la agricultura de minifundio de ladera Andina. Es cuali-cuantitativo. No contempla factores sociales, económicos ni políticos por considerarlos subjetivos. No

es dinámico. Contempla factores de manejo y sociales sólo de manera nominal, sin integrarlos con claridad al sistema. Incluye pocos parámetros y no bien integrados. Parte de supuestos de manejo que no siempre se cumplen (Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1981).

- SISTEMA DE PLANIFICACIÓN DE UNIDADES FAMILIARES DE PRODUCCIÓN (Parent y otros) (CDBM).

Desarrollado por la Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga. Parece estar inspirado en el de TOSI, pero dejó de lado varios criterios de análisis muy importantes como los sistemas de manejo agrotecnológico y algunas variables edáficas como la estructura, los peligros de inundación, fertilidad natural, pedregosidad, etc. Contempla 12 claves para un número igual de zonas de vida, pero en estas sólo se contemplan los factores profundidad del suelo y pendiente del terreno para determinar el “uso mayor”. Sigue los pasos comunes a otros sistemas (determinación del uso actual, conflictos de uso, uso recomendado). Incluye un extenso listado de especies agrícolas y forestales con sus respectivas informaciones sobre las condiciones ambientales óptimas de desarrollo, lo que facilita la toma de decisiones y recomendaciones en caso de proyectos específico, lo cual es uno de sus mayores aportes (Parent & et.al., 1990).

SISTEMA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LA TIERRA (SISTEMA TOSI)

Desarrollado por el científico Joseph Tosi, con el apoyo de un grupo científico de la Universidad Nacional sede Medellín y del IGAC, bajo los auspicios de la FAO (Tosi, 1981). Fue diseñado para tener una aplicabilidad tanto a nivel de finca como local

(microcuenca), regional y nacional. Es el sistema más completo existente para Colombia, pero aún puede y debe complementarse, tal como lo contempla el mismo sistema, a medida que nueva información sea acopiada. Este parece ser el sistema que el país debe asumir como oficial para la planificación local, regional y nacional en cuanto al uso mayor de la tierra rural en Colombia. Varios países latinoamericanos ya lo han adoptado como el sistema oficial de clasificación y mapeo del uso máximo de la tierra (inspirados en el que originalmente fue creado para Colombia y con las debidas adaptaciones). Comprende 5 categorías básicas de uso las cuales pueden y deben subdividirse, pero sólo después de la clasificación básica y cuando la información disponible lo permita.

Incluye los factores bioclimáticos principales basados en las zonas de vida. Se sustenta en la ecuación universal de erosión, integrando un cálculo matemático de cada uno de los factores incluidos para cada zona de vida del país, lo cual por sí sólo se constituye en uno de los más valiosos aportes del sistema al conocimiento del manejo ambiental y control de la erosión de las zonas rurales en Colombia. Incluye factores edáficos (profundidad efectiva, longitud de la pendiente, microrrelieve, textura, pedregosidad, drenaje natural, fertilidad natural, pH, erosión presente, salinidad, peligro de anegamiento). Estos factores están definidos en concordancia con los niveles y rangos propuestos por el ICA y el IGAC para Colombia, que a su vez se basan en más de 40 años de investigación en todo el territorio nacional. Incluye factores tecnológicos, sociales y culturales (a través de la determinación del sistema de manejo agrotecnológico). Racionaliza los recursos disponibles para los diagnósticos y potencializa la información existente en estudios previos, al tomar de ellas los datos

útiles (como es el caso de los POMCA, PIOM, estudios de UMATAS, etc.). Todos los factores empleados están claramente relacionados mediante tablas (llamadas claves) una para cada zona de vida del país. Está basado en capacidades de uso máximo, las cuales son dinámicas, a diferencia de todos los sistemas anteriores, y están en función del sistema de manejo agrotecnológico, como ocurre en la realidad de campo, tal como lo demostró la Federación de Cafeteros en la zona cafetera. Comprende un principio de clasificación dinámico dependiendo del sistema de manejo agrotecnológico empleado que puede modificar con racionalidad los factores limitantes encontrados y en esa medida incrementar la capacidad de uso sin generar conflictos. Incluye 4 sistemas de manejo agrotecnológico diferenciables y claramente descritos, basados en muchos estudios socioeconómicos y tecnológicos realizados en toda la geografía nacional muchos años antes.

Es el sistema más completo, integral, científico, práctico y ambiental existente en Colombia. Es un sistema cuantitativo y objetivo. Permite mapear unidades a nivel de finca, microcuenca, local o regional, mediante un proceso de subclasificación y refinamiento de la información de campo. No tiene límites de aplicabilidad geográfica en Colombia. Está basado en claves individuales para cada zona de vida y para cada sistema de manejo existente. A pesar de incluir un alto número de variables es de muy fácil aplicación debido a que se basa en claves prediseñadas para cada zona de vida del país, sobre las cuales sólo basta comparar los valores de campo u oficina obtenidos para alcanzar directamente el resultado de la capacidad de uso mayor de la tierra.

En lo concerniente a este trabajo de tesis el Sistema de TOSI será el que se usará para la clasificación y mapificación del uso máximo de la tierra en la parte alta y media de la microcuenca Doña María, al occidente del valle de Aburrá.

7.2. Marco Legal

La planificación y ordenamiento del uso de la tierra en Colombia está regulado principalmente por normas como la ley 388 de 1997, el decreto 3600 de 2007 (reglamenta los determinantes del ordenamiento del suelo rural) y varias otras que miran el suelo rural como un complemento del suelo urbano y áreas susceptibles de mantener el expansionismo urbano a corto, mediano o largo plazo y en esa medida el concepto de “tierra” no es incluido en dicha normatividad por lo cual la protección, manejo sostenible y conservación de los horizontes superficiales del suelo no son tenidos en cuenta en el ordenamiento territorial, sino que a lo sumo el suelo es concebido como espacios por ocupar con diferentes usos (Uribe G., 2017).

A nivel del uso de la tierra con enfoque de cuencas hidrográficas, se trabaja un poco mejor el concepto de tierra y se alude a la conservación del suelo (como bien no renovable) de manera explícita e implícita y sobre la necesidad de su ordenamiento y planificación con enfoque sostenible, tal como se compendia en las siguientes normas:

- Decreto ley 2811 de 1974, arts. 8, 34 y en su artículo 178 determina que “Los suelos del territorio Nacional deberán usarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos. Se determinará el uso potencial de los suelos según los factores físicos, **ecológicos, y socioeconómicos** de la región. Según dichos factores también se clasificarán los suelos” (resaltado del autor), lo cual

evidentemente no cumple el sistema de las 8 clases agrológicas; y en los arts. 179 y 180 establece pautas para el manejo, aprovechamiento y protección, y finalmente en los arts. 182 al 186 trata lo relacionado con el uso, restauración y conservación de los suelos, en los arts. 302 a 304 lo relacionado con el paisaje y su protección y en los arts. 324 al 326 lo relacionado con los distritos de conservación de suelo

- Decreto 1287 de 2014 que en su artículo 3° define claramente lo que son suelos degradados y regula el uso de biosólidos en la restauración de suelos degradados (arts. 3, 6, 8 y 10)
- Ley 23 de 1973 que considera el suelo como un bien contaminable (arts. 3, 4 y 5)
- Ley 99 de 1993, arts. 1, 108, 111.
- Ley 2 de 1959, arts. 1, 3, 7, 9, 10, 11, 12.
- El decreto 1076 de 2015, arts. 2.2.1.1.17.7, 2.2.1.1.17.8 y 2.2.1.1.17.9 define las áreas forestales-protectoras; protectoras-productoras y las productoras. Así mismo en su art 2.2.1.1.18.6 estipula las obligaciones de propietarios en cuanto a la conservación de suelos. En su art. 2.2.2.1.2.1 considera como área protegida los distritos de conservación de suelos
- Ley 461 de 1998, en los arts. 2, 4, 5, 10, así como su anexo III, tratan sobre los aspectos de conservación de suelos y sobre los compromisos internacionales al respecto haciendo énfasis en las acciones de prevención de la erosión
- Resolución 170 de 2009; ahonda sobre las medidas de conservación de suelos y otras complementarias

- Política para la gestión integral y ambiental del suelo (2014) y Política para la gestión sostenible del suelo (2016), determinan la manera en que deben concebirse los suelos y las tierras en Colombia, dan criterios generales para su uso y manejo sostenible y hacen un llamado vehemente a conservar el suelo y la tierra entre otros mediante la aplicación de sistemas integrales de clasificación del uso máximo contemplando todos los criterios existentes en normas como el decreto 2811 de 1984.

7.3. Marco Conceptual

Para la correcta comprensión del sistema suelo y tierra, y su manejo sostenible ha de considerarse sus interrelaciones con los otros elementos o componentes del ambiente, incluyendo las dimensiones social, ambiental, económica, política y cultural. El suelo debe considerarse como un cuerpo de soporte y síntesis del estado de los ecosistemas, así como elemento principal de las estructuras ecológicas; pero además que no es renovable a escala de tiempo humano (MADS, 2016, pág. 29).

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en su Política para la Gestión Sostenible del Suelo (MADS, 2016, pág. 25) conceptúa que “Los suelos son generados y modificados por las estructuras y procesos climáticos, geológicos, geomorfológicos y ecológicos del territorio, y su estado depende, además, de los procesos sociales, económicos, culturales y políticos a que están sometidos”, y en esta medida los sistemas de determinación de la capacidad de uso máximo de la tierra deberían considerar esta complejidad y no conformarse sólo con factores de tipo edáfico, climático y topográfico.

En el marco del Estudio Nacional del Agua (Pérez F, 1983) se define el concepto de tierra (clave en el sistema de TOSI) como "...el clima, el suelo y la vegetación tanto natural como cultivada, como parte más visible y fácil de estudiar la biota, así como la actividad humana, en cuanto esta modifica y utiliza el recurso tierra...este uso se refiere al de la tierra rural, o sea, agropecuario, forestal y protector.", y la ley 461 de 1998 define el concepto de tierra como "...el sistema bioproductivo terrestre que comprende el suelo, la vegetación, otros componentes de la biota y los procesos ecológicos e hidrológicos que se desarrollan dentro del sistema". A su vez la Política para la Gestión Integral y Ambiental del Suelo (MADS, 2014), alude al concepto de tierra, citando a la FAO (1976) y a la UNAL (1995) como "...una extensión delineable de la superficie terrestre que contiene los elementos del ambiente biofísico y socioeconómico que influyen en el uso; incluye el suelo, la atmósfera cercana, la forma del terreno, el clima, la hidrología, la vegetación, los organismos, la fauna, el uso, los asentamientos humanos y los resultados de las actividades humanas pasadas y actuales; todo ello mediante su relación con el uso actual o con la aptitud de uso. Con base en lo anterior el suelo es uno de los componentes de la tierra, pero también se consideran otros, sus características y sus interacciones", aludiendo indirectamente al sistema de TOSI.

La Política de Gestión Integral y Ambiental del Suelo, PGIAS, reconoce que las fuerzas motrices que están implícitas en actividades como la minería, el urbanismo y la producción agropecuaria, al realizarse sin evaluar la aptitud de los suelos para esos usos, conducen a riesgo de degradación de este bien y de sus funciones y servicios ecosistémicos. En esta perspectiva reconoce que "El suelo generalmente ha estado lejano en las agendas institucionales, en la gestión ambiental estatal, sectorial y de la

sociedad civil del país, en las aulas de primaria, secundaria y en las instituciones de educación superior” y que por eso se explica el desconocimiento, insensibilización y cierta irresponsabilidad en su uso, gestión y manejo sostenible de este recurso no renovable, lo cual amerita una mejor gestión desde su planificación para el uso (MADS, 2014, pág. 49).

Esta misma política reclama un esfuerzo mayor desde la academia y las instancias institucionales para que el suelo sea concebido “...de manera integral, no sólo con todos sus componentes, funciones y servicios ecosistémicos, sino en sus inter-relaciones con los otros elementos o componentes del ambiente, **considerando las dimensiones social, ambiental, económica, política y cultural** y ello debe traducirse, entre otras, en políticas y normas acordes al principio de integralidad” (resaltado del autor) (MADS, 2014, pág. 25). Sin duda esto obliga a repensar sobre el sistema de determinación de la capacidad de uso de la tierra que impera en Colombia (las 8 clases agrológicas de USDA), que resalta por su visión parcial y poco integral.

Finalmente esta política reconoce que “El suelo es elemento principal de las estructuras ecológicas y síntesis del estado del ecosistema y como tal su manejo adecuado es fundamental para el éxito de las demás políticas ambientales” (MADS, 2014, pág. 39), remarcando la importancia de su manejo sostenible para el bienestar general de la nación y del país.

En esta perspectiva de complejidad del suelo, se trabaja en el presente proyecto centrándose en la fase inicial de su uso sostenible: la planificación racional e integral de acuerdo con un sistema que incluya como mínimo las variables más representativas

que determinan la capacidad máxima de uso de este bien ambiental no renovable a escala de tiempo humana.

7.4. Marco histórico

Las diferentes propuestas de determinación de capacidad de uso de los suelos en Colombia y en Latinoamérica datan de hace por lo menos 4 o 5 décadas. Algunas de las propuestas son excelentes desde el punto de vista socioambiental y técnico, otras tienen un alcance apenas local, regional o sectorial, pero unas pocas tienen aplicación espacial desde microlocales (nivel de fincas) hasta del orden nacional, con enfoque integral y complejo, y con visión de sistema, como es el caso del sistema de TOSI. Con todo, el único sistema que ha sido adoptado y aceptado en el país (seguramente por desconocimiento pleno de otros mejores) es el sistema de las 8 clases agrológicas impuesto en Colombia y muchos otros países de Latinoamérica por Estados Unidos, en la época de la alianza para el progreso y luego la inercia institucional y la dependencia técnica y cultural de nuestro país se ha encargado de mantenerla a pesar de sus evidentes falencias y de los notables daños en los suelos del país al aplicarse en los procesos de ordenamiento territorial rural, sin considerar que los asuntos de erosión antrópica no sólo dependen de las condiciones físicas del terreno (pendiente, tipo de suelo, geología, geomorfología y clima; sino que además depende de la tecnología empleada y prácticas culturales, de los sistemas de manejo agrotecnológico en cada unidad y del bioclima.

La Política para la Gestión Integral y Ambiental del Suelo expresa con decepción que "...la zonificación que se ha venido usando en el país obedece únicamente al

servicio de oferta de suelos para la producción de biomasa, cultivos y su relación con la seguridad alimentaria y la producción de bioenergía, entre otros”, a lo cual habría que agregar que incluso no sólo para esos fines, sino con una visión de insostenibilidad ambiental, lo cual se refleja en la creciente erosión de suelos incluso en zonas “sin conflicto de uso”, cuando esos usos máximos son determinados por las 8 clases agrológicas. Y continúa la PGIAS “Así, la metodología que viene siendo utilizada desconoce la evaluación de otros servicios como son la regulación del ciclo hidrológico, del clima y de la calidad del aire, y en general, la regulación de los ciclos biogeoquímicos, la conservación de la biodiversidad y la resiliencia al cambio climático, entre otros. De esta manera se ha generado una interpretación incompleta del uso sostenible de los suelos que redundaría en la degradación y pérdida de sus funciones y servicios ecosistémicos para la sociedad” (MADS, 2014, pág. 50).

Y sigue expresando la citada política que “...los instrumentos de planificación como son los planes de ordenamiento territorial, los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, entre otros, no cuentan con la suficiente información para incorporar en los criterios de análisis, los servicios ecosistémicos que prestan los suelos, lo cual conduce a que puedan presentar debilidades en dichos instrumentos de planificación” (MADS, 2014, pág. 50); y en esta perspectiva Uribe (2016) apunta que “Los sistemas de clasificación de tierras son obsoletos y contribuyen a degradar nuestros suelos y tierras (especialmente las 8 clases agrológicas de USDA, pues no se corresponden con nuestras realidades tropicales, ambientales, socioeconómicas, culturales y tecnológicas)” (Uribe G., 2017), no obstante se mantienen en la actualidad

e incluso se obliga a implementarlos en los diferentes ejercicios de la planificación y ordenamiento rural.

Desde la década de los años 60 y 70 del siglo XX, se han propuesto e implementado en Colombia (a nivel local y regional) varios sistemas, algunos muy valiosos, pero sólo las 8 clases agrológicas han sido consideradas como oficiales.

En 1972 una misión de la FAO que ya había detectado las falencias de sistemas como las 8 clases agrológicas, realizó con la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, en cabeza del científico Joseph Tosi y algunos expertos del IGAC una metodología más integral y adaptada al país. No obstante por desacuerdos y celos institucionales esta propuesta no fue integrada formalmente en el país y en cambio algunos años después fue conocida, ajustada e implementada en otros países de Latinoamérica que deseaban con ansias sustituir el sistema de las 8 clases agrológicas porque ya había mostrado sus serias debilidades e incluso su promoción de la erosión del suelos, en lugar de su conservación. En Perú fue considerado como el sistema oficial y años más tarde una versión ajustada fue adoptada en Costa Rica.

En Colombia se han realizado algunas determinaciones del uso máximo de la tierra basado en este sistema, pero han quedado como experiencias locales (Pérez F, 1983), (Uribe G. & Vélez V., 1987), (Parent & et.al., 1990).

Este proyecto busca aplicar el sistema TOSI en una microcuenca tributaria del río Aburrá, con el fin de probar su conveniencia y posiblemente recomendarla, a las instancias institucionales tomadoras de decisiones, como el sistema oficial para la determinación del uso máximo de la tierra en el marco de los planes de ordenamiento de los PIOM, e incluso para que se recomiende a nivel de planificación de fincas en el

marco de planes de desarrollo rurales promovidos por las UMATAS, UDRAS y en general por las secretarías de agricultura.

8. METODOLOGÍA

La propuesta se enmarca en la línea de investigación en cuencas hidrográficas, en la temática de ordenamiento rural, zonificación y mapificación del uso máximo de la tierra dirigida a la conservación del suelo y la prevención de la erosión.

Este trabajo de grado se encuadra en el tipo denominado “estudio de proyecto”, aunque tiene componentes de trabajo de campo que han sido realizados por el autor desde años atrás y se complementa con investigación monográfica en relación con la determinación y levantamiento de mapas de capacidad de uso mayor de la tierra en Colombia. El enfoque de este trabajo es sectorial y se centra en el suelo de las cuencas hidrográficas, su planificación, uso y manejo sostenible.

Para el desarrollo del proyecto se contó básicamente con dos fuentes principales de información: de un lado la revisión de estudios anteriores relacionados con la microcuenca Doña María, especialmente en los temas concernientes al suelo y los fenómenos de erosión presentes, así como en relación con la información SIG preexistente. Actualmente se cuenta con estudios valiosos realizados en los últimos 10 años que fueron abordados. Además con documentos que sustentan el desarrollo teórico del sistema de determinación de la capacidad máxima de uso de la tierra y algunos otros que presentan propuestas de ajustes (Uribe G. & Vélez V., 1987). Además se revisaron estudios que ofrecen datos necesarios para la aplicación del

sistema de TOSI como los documentos de actualización del POMCA del río Aburrá (Corantioquia, AMVA y Cornare, 2017) y los estudios de actualización de PIOM de la Doña María (Área Metropolitana del Valle de Aburrá y CCTA, 2008) y el mapa sobre erosión histórica y activa en el corregimiento de San Antonio de Prado (parte alta y media de la cuenca) que era una de la información clave faltante en estudios anteriores (Alcaldía de Medellín. Secretaría del Medio Ambiente, 2007).

Por otro lado se trabajó con información de campo que el autor posee a raíz de investigaciones aún no publicadas y que son referidas al tema de suelos en la microcuenca objeto de estudio.

Finalmente se trabajó en la construcción final de la cartografía y mapificación de las unidades de usos máximo de la tierra por la metodología TOSI, aprovechando los shapets existentes y actualizados de los estudios anteriores y de la Agenda Ambiental Local de San Antonio de Prado.

Teniendo en cuenta que el sistema TOSI requiere para su implementación de la correcta caracterización de 13 factores fundamentales en el siguiente orden: Zona de vida, Sistema de manejo agrotecnológico, Pendiente en porcentaje (pendientes cortas y largas), Microrrelieve, Profundidad efectiva, Textura, Pedregosidad, Drenaje natural, Fertilidad natural, pH, Erosión sufrida, Salinidad y Peligro de anegamiento, se procedió al levantamiento con información secundaria de estos parámetros, mediante el re análisis o la construcción de nuevos shapets, a partir de los existentes en estudios recientes como los de la Agenda Ambiental Local de San Antonio de Prado (2007), para el caso de las pendientes y la erosión sufrida; el PIOM de la Doña María (2008), para el caso de Zonas de vida, el estudio sobre caracterización de los sistemas de

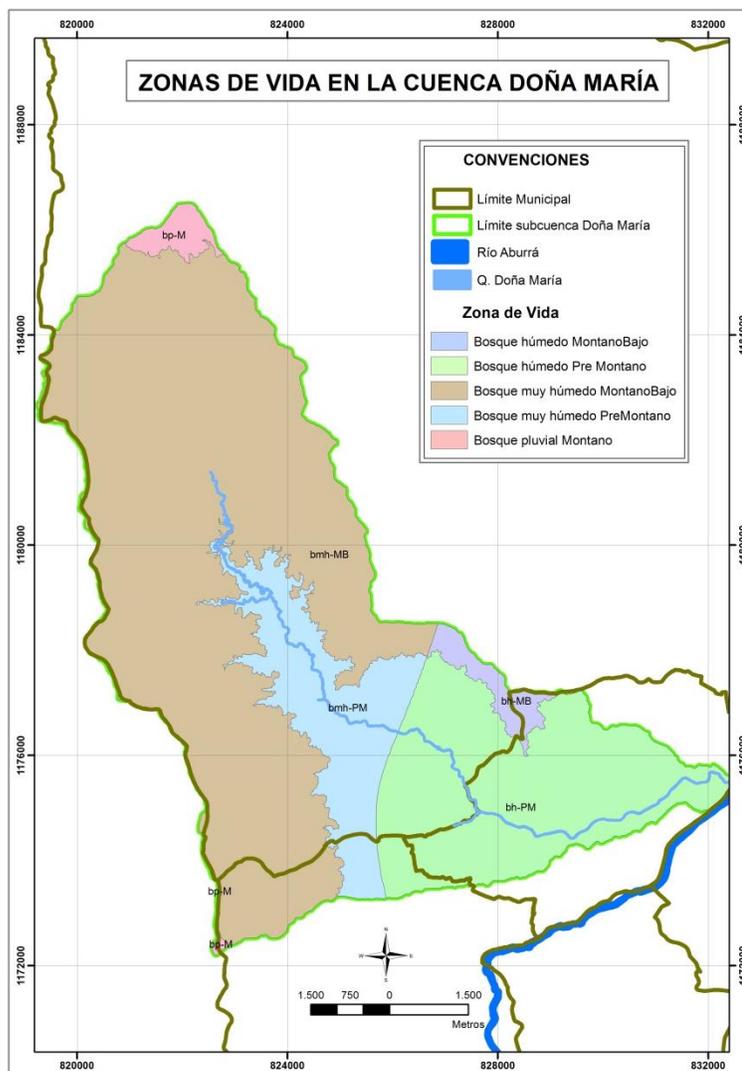
manejo agrotecnológicos en la cuenca (2008), para dicho tema, y el POMCA del río Aburrá (2017), para los demás factores, mediante la consulta de su estudio de suelos.

A partir de este nivel de avance se inició la aplicación de las claves de TOSI para las 5 zonas de vida presentes en la microcuenca Doña María, teniendo en cuenta que el sistema de manejo agrotecnológico existente en el territorio es el Tradicional, de acuerdo con un estudio previo (Uribe G, 2008).

Las claves aplicadas del sistema TOSI fueron concretamente las N°8 (para bmh-PM), la N°9 (para bh-PM), la N°14 (para bh-MB), la N°15 (para bmh-MB) y la N°17 (para bp-M). En el anexo 1 pueden visualizarse las respectivas claves.

El proceso de definición de las unidades de uso mayor en la cuenca se inició con el corte de los shapes necesarios a partir de los reportados en los estudios de PIOM (escala 1:10.000), que aportó lo correspondiente a Zonas de Vida, y clases agrológicas y del POMCA del río Aburrá (escala 1:25.000), que aportó lo correspondiente a unidades geomorfológicas y unidades de suelos, y el estudio de Agenda Ambiental Local (escala 1:10.000 y 1:5.000) que aportó lo correspondiente a curvas de nivel para obtención de rangos de pendiente y erosión histórica y activa. Estas escalas están de acuerdo con las directrices del IGAC, MAVDT e IDEAM que proponen para estudios locales trabajar en este rango de escalas (1:10.000 a 1:25.000, o incluso más detalladas si se requiere) (IDEAM, IGAC y MAVDT, 2010).

En el caso de la capa de zona de vida se usó la establecida en el POMCA de la Doña María (PIOM, 2008), por haber sido levantado en una escala 1:10.000, resultando el mapa 2 (capa básica de análisis).



Mapa 2. Zona de Vida en la cuenca Doña María. Basado en (Área Metropolitana del Valle de Aburrá y CCTA, 2008).

Con el fin de obtener un producto fácilmente consultable y que permita agilidad en la toma de decisiones se optó por generar un mapa de pendientes escala 1:10.000 y otro 1:5.000 (este último se usó sólo para dilucidar dudas), con los rangos propuestos por la metodología TOSI en la mayoría de claves. Dado que cada clave es muy específica en cuanto a pendientes, se optó por uniformizar el análisis creando nuevos rangos que contuvieran los propuestos por la metodología, aunque en algunos casos

excepcionales se realizó un agrupamiento que sin perder rigurosidad, tampoco complejizara tanto el análisis para el mapa que lo hiciese poco práctico. Finalmente los rangos analizados fueron los que se muestran en el gráfico 2, obteniéndose el mapa 3, que sirvió de base para todos los análisis.

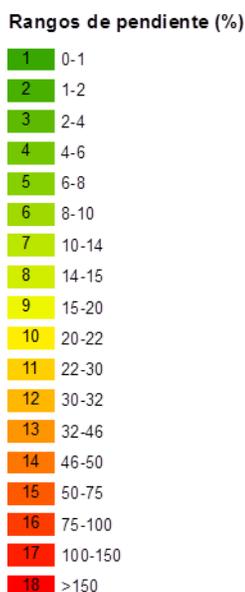
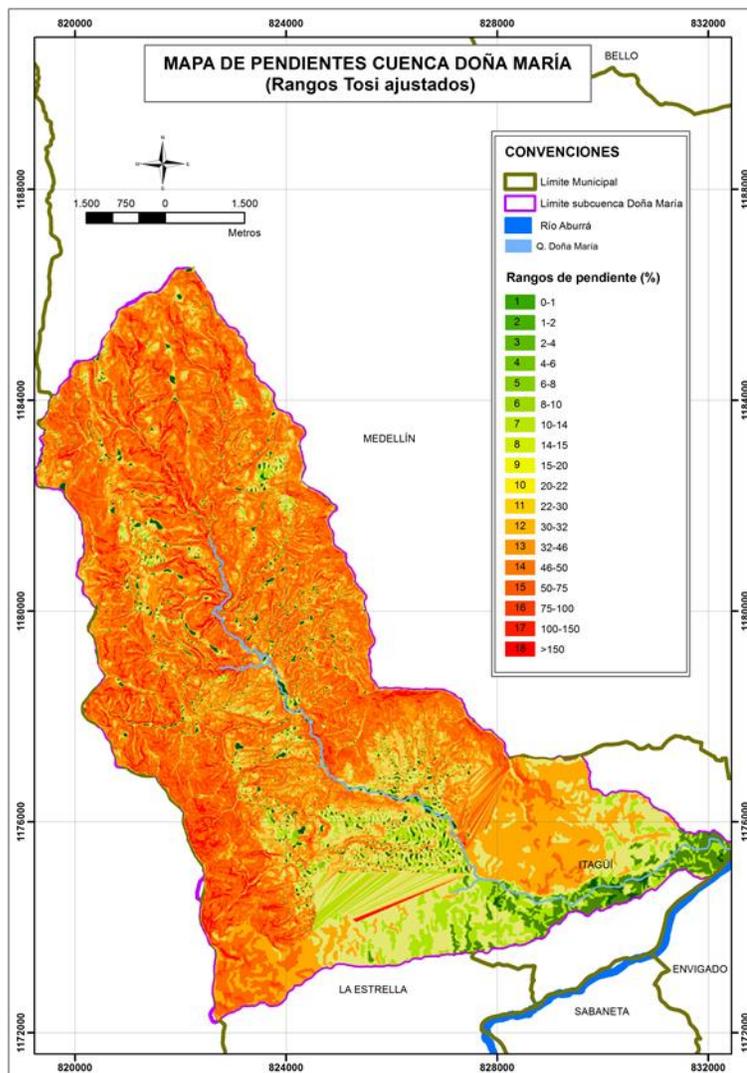


Gráfico 2. Rangos de pendientes aplicados para todas las claves de TOSI en este estudio

Ha de tenerse en cuenta que el mapa de pendientes para la zona alta y media de la cuenca está basado en curvas a nivel cada 10 metros y el de corroboración cada 5 metros, pues esta zona pertenece al municipio de Medellín quien cuenta con esta información disponible, a diferencia de las zonas rurales de La Estrella e Itagüí en las que se disponía de curvas cada 25 metros y en algunas áreas cada 50 metros (estas curvas fueron las que trabajó el POMCA del río Aburrá). Por lo cual el mapa final es una composición de pendientes en los rangos TOSI citados basados en curvas cada 5 metros para la zona alta y media de cuenca donde se centró el estudio, extrapolándose a las partes rurales de la zona baja (cerca del 10% del área).



Mapa 3. Pendientes en la cuenca Doña María, con rangos TOSI ajustados. Construcción del autor.

Estos rangos de pendientes trabajados se salen del esquema tradicional (0-2, 2-5, 5-10, 10-20, 20-50, 50-100, etc.) pero hay que tener en cuenta que la metodología TOSI es muy estricta en este aspecto, así como en el de microrrelieve (que no es contemplado en los demás sistemas), y esta situación obedece a que trabaja con los índices R (erosividad de la lluvia), LS (longitud y grado de pendiente), K (erosionabilidad del suelo), P (factor de prácticas mecánicas) entre otros en el marco de la ecuación universal de erosión (ver gráfico 3), específicos para cada Zona de Vida,

y en este caso la variación de pocos grados en la pendiente, afecta diferencialmente las probabilidades de erosión en diferentes zonas de vida; de allí que no todas las claves tengan los mismos rangos de pendientes para diferentes usos y en esa medida es muy difícil concretar un solo grupo de rangos de pendientes; sin embargo para estas 5 zonas de vida, se propuso en el presente trabajo los rangos expuestos y con ellos se trabajó en todos los casos.

<p>E= R K L S C P</p> <p>Dónde:</p> <p>E = Erosión del suelo t/ha año.</p> <p>R = Erosividad de la lluvia. Mj/ha mm/hr</p> <p>K = Erosionabilidad del suelo</p> <p>LS = Longitud y Grado de pendiente</p> <p>C = Factor de vegetación</p> <p>P = Factor de prácticas mecánicas</p>

Gráfico 3. Ecuación Universal de Erosión, incorporada en el sistema TOSI

Otra decisión que se tomó fue considerar para una unidad de suelo determinada la pendiente que predominara en más del 50% del área, como la pendiente de esa unidad. Igual decisión se tomó para el caso de la erosión: la erosión presente en más del 50% de la unidad de suelos, fue considerada como la erosión presente en esa unidad y posteriormente se aplicaron todos los demás factores de cada clave.

Finalmente otra capa fundamental para la elaboración del mapa de capacidad de uso mayor por la metodología TOSI fue la de unidades de suelos, obtenida del estudio de POMCA del río Aburrá (2017), con escala de 1:25.000, constituyéndose en el estudio de suelos de mayor detalle que tiene la cuenca del río Aburrá y la subcuenca Doña María. Una vez realizado el corte se generó la capa de unidades de suelos que se muestra en el mapa 4.

Una tabla típica o clave de Tosi se muestra en el gráfico 4, correspondiente a la clave N°8, para la zona de vida Bosque muy húmedo Pre Montano (bmh-PM).

Así por ejemplo una unidad de suelo o polígono de evaluación que se ubique en la zona de vida **bmh-PM**, en donde predomine el sistema de manejo agrotecnológico **Tradicional** en las fincas o unidades productivas y que además muestre que su pendiente predominante larga es de 20%, su microrrelieve es tipo 3 (Ondulado), su profundidad efectiva de 90cms, que presente moderada pedregosidad (tipo 1), drenaje natural Imperfecto (C), La fertilidad sea baja (4), pH de 5.2, erosión sufrida moderada (2), que esté libre de salinidad (0), y no tenga peligro de anegamiento (0) , estaría en la capacidad de uso mayor de **Bosque de Producción (B)** (ver gráfico 4).

Una explicación detallada de cada uno de los parámetros con sus rangos y niveles, considerados en el sistema TOSI, puede ser consultado en Uribe (Uribe G, 2003) (Uribe G, 2004) o directamente en el documento de TOSI (Tosi, 1981).

Es importante resaltar que si el sistema de manejo agrotecnológico fuese otro, por ejemplo Artesanal Avanzado (A), seguramente la capacidad de uso mayor resultante para las mismas condiciones sería otra. Esto hace que el sistema TOSI sea dinámico y estimule a generar cambios (mejoramientos) en los sistemas de manejo locales y territoriales, para aumentar la capacidad de uso de los predios, sin que se genere conflictos de uso de la tierra. Esta característica muestra otra diferencia radical con relación a otros sistemas de clasificación del uso máximo de la tierra en Colombia, aunque también implica un mayor compromiso institucional y una fuerte formación agrotecnológica a las unidades productivas rurales ya sea a través de las UMATAS, las secretarías de agricultura u otros organismos que deben realizar procesos de apoyo y

extensión rural para que se mejoren los proceso productivos, la producción y rendimientos, sin agotar ni degradar la base productiva natural, en particular los suelos y las tierras.

ZONA DE VIDA:		BOSQUE MUY HÚMEDO PREMONTANO TROPICAL		BOSQUE MUY HÚMEDO SUBTROPICAL		(ASOCIACIÓN CLIMÁTICA)		CLAVE 8								
CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LA TIERRA		SISTEMA DE MANEJO AGRO-TECNOLÓGICO		PENDIENTE EN %		MICRO-RRELIEVE	PROFUND. EFECTIVA	TEXTURAS	PEDREGOSIDAD	DRENAJE NATURAL	FERTILIDAD NATURAL	PH	EROSIÓN SUFRIDA	SALINIDAD	PELIGRO DE ANEGAM.	Observaciones
		LONGITUD DE LA PENDIENTE		Cortas													Largas
A = 33 TONELADAS /HA / AÑO , CUANDO LA PROFUNDIDAD DEL SUELO = 120 CMS. Y R = 2000																
A CULTIVO EN LIMPIO	M. A. T. N	0 - 1	0 - 1	1	120	L, M	0	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0	0 - 1	Avenamiento deseable		
	M. A. T. N	0 - 2	0 - 1	1 - 2	100	L, M, P	0	A, B, C	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0	0 - 1	Avenamiento necesario		
	A. T. N	0 - 1	0 - 1	1 - 2	50	L, M, P	0 - 1	A, B	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0	0 - 1	N-Rotación A/X = 1 : 8		
	A. N	1 - 4	1 - 2	1 - 2	120	L, M, P	0 - 1	A, B, C	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0	0 - 1	N-Rotación A/X = 1 : 12		
	M. A. N	1 - 8	1 - 4	1 - 2	120	L, M	0	A, B	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0	0 - 1	N-Rotación A/X = 1 : 10		
	M. A. N	1 - 12	1 - 6	1 - 2	120	L	0	A	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0	0 - 1	N-Rotación A/X = 1 : 52		
	N	1 - 15	.....	1 - 2	60	L, M, P	0 - 1	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1					
C CULTIVOS PERMANENTES	M. A. T	0 - 14	0 - 9	1 - 2	120	L, M, P	0 - 1	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0	0 - 1	Avenamiento deseable		
	A. T	14 - 20	9 - 12	1 - 2	120	L, M	0 - 2	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1					
	A	14 - 22	9 - 15	1 - 2	120	L, M, P	0 - 2	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1					
	A	22 - 30	15 - 20	1 - 2	120	L, M	0 - 2	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1					
	A	30 - 46	20 - 32	1	120	L	0 - 1	A, B	1 - 2	6 - 8	0					
P PASTOREO	A. T	0 - 1	0 - 1	1 - 2	40	L, M, P	0 - 3	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0 - 1	0 - 2	Avenamiento deseable		
	M. A. T	0 - 6	0 - 4	1 - 2	120	L, M	0 - 1	A, B, C	1 - 4	5 - 9	0 - 1	0 - 1	0 - 1			
	M. A. T	6 - 10	4 - 7	1 - 2	120	L	0 - 1	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0 - 1	0 - 1			
	A	1 - 6	1 - 4	1 - 2	80	L, M, P	0 - 3	A, B, C	1 - 4	5 - 9	0 - 1					
	A	6 - 12	4 - 8	1 - 2	120	L, M	0 - 3	A, B	1 - 4	5 - 9	0 - 1					
	A	12 - 20	8 - 14	1 - 2	120	L	0 - 3	A	1 - 3	5,5 - 8,5	0					
B BOSQUES DE PRODUCCIÓN	A. T	0 - 1	0 - 1	1 - 4	60	TODAS	0 - 3	TODOS	1 - 5	> 4	0 - 3	0 - 3	0 - 3			
	M. A. T	1 - 50	1 - 30	1 - 3	80	TODAS	0 - 3	A, B, C	1 - 5	> 4	0 - 3	0 - 3	0 - 2			
	M. A. T	50 - 100	30 - 75	1 - 3	100	TODAS	0 - 3	A, B, C	1 - 5	> 4	0 - 2					
	A	100 - 125	75 - 100	1 - 2	120	TODAS	0 - 2	A, B	1 - 4	5 - 9	0 - 1					
X PROTECCIÓN VEGETACIÓN NATURAL	TODOS	TIERRAS CON CARACTERÍSTICAS FUERA DE LOS LÍMITES SEÑALADOS PARA LOS GRUPOS SUPERIORES														

Gráfico 4. Clave típica del sistema TOSI y ejercicio de aplicación.

Dado que el sistema TOSI fue construido para determinar el uso mayor de la tierra rural, se excluyeron del análisis las zonas correspondientes a la zona urbana y de expansión urbana ya definidas por los POT vigentes (ZU). Esta zona aparece en los mapas de capacidad de uso mayor de este trabajo como un polígono gris en la cuenca.

Con relación a ajustes en algunos parámetros incluidos en el sistema, para el presente trabajo no fue necesario hacerlo, pero se resalta que conviene incorporar una nueva capacidad de uso mayor: Cultivo en Confinamiento (correspondiente a "Intensivo

en Encierro”), propuesto por Uribe (Uribe G, 2004), dadas las características tan peculiares de este tipo de sistema productivo con relación al control de la erosión.

Una vez terminado este proceso para todas las unidades de suelos, se procedió a incorporarlas en la cartografía y a agrupar los polígonos (unidades de capacidad de uso mayor de la tierra) adyacentes cuando tenían igual capacidad de uso y se generó el mapa preliminar; luego se realizaron algunas visitas de campo para corroborar la pertinencia de las unidades obtenidas en el proceso de oficina y se ajustaron en caso necesario, dando por terminado el proyecto, con el mapa de uso mayor de la tierra por la metodología TOSI para la cuenca de La Doña María (ver mapa 12).

Un resumen de la metodología puede apreciarse en el gráfico 5.

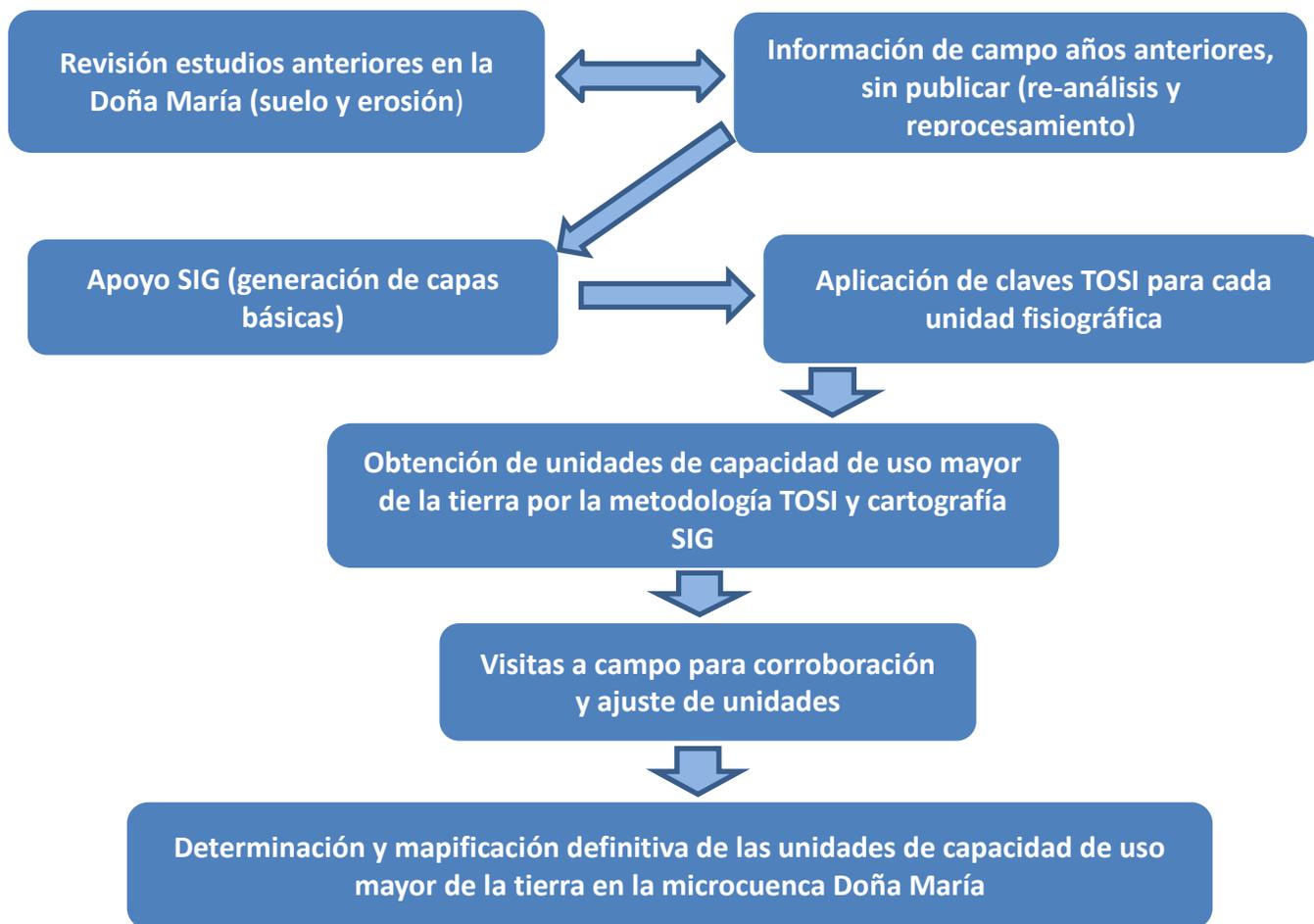


Gráfico 5. Resumen metodológico del proyecto

9. RESULTADOS

Como se explicó en la metodología, para la identificación y caracterización de zonas homogéneas, se partió por las grandes categorías hasta las menores: Zona de Vida a Sistema de Manejo Agrotecnológico a Unidad de Suelo (según el mapa de suelos del POMCA Aburrá, 2017). En caso de homogeneidad de pendientes en una gran categoría (por ejemplo Zona de Vida), se procede a aplicar directamente la clave respectiva. La decisión de uso se toma de acuerdo con aquella condición que predomine en el polígono analizado (cuando cumple más del 50% del área); si una

condición específica no supera el 50% de la unidad analizada, se procede a rediseñar el nuevo polígono, mediante su partición.

Para la identificación de unidades de pendiente se trabajó a escala 1:5.000, dado que la escala del POMCA 1:25.000 no mostraba con suficiencia las condiciones de campo para este estudio semidetallado.

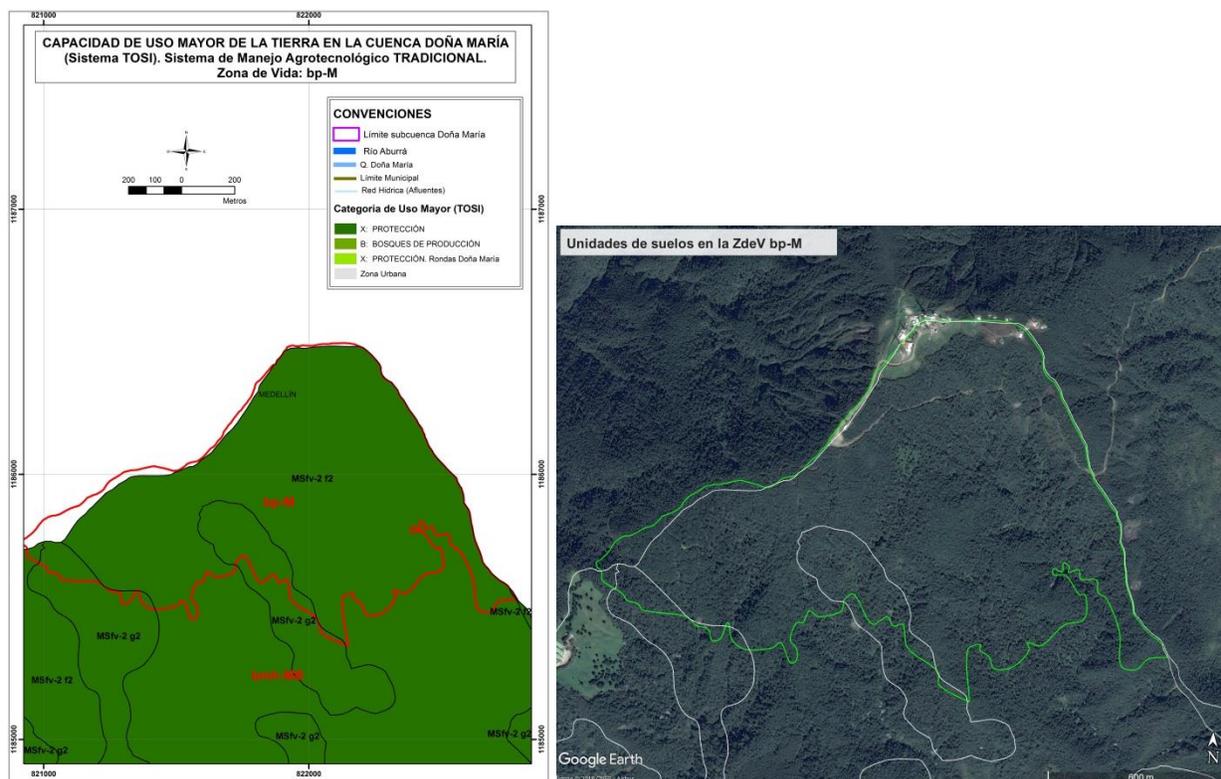
9.1. Situación actual. Uso mayor de la tierra

Sistema de manejo (SM): Tradicional, en todo el corregimiento San Antonio de Prado (cuenca media y alta de la Doña María)

Identificación del uso mayor en cada zona de vida (ZdeV)

Se resume el proceso procedimental y sus resultados así:

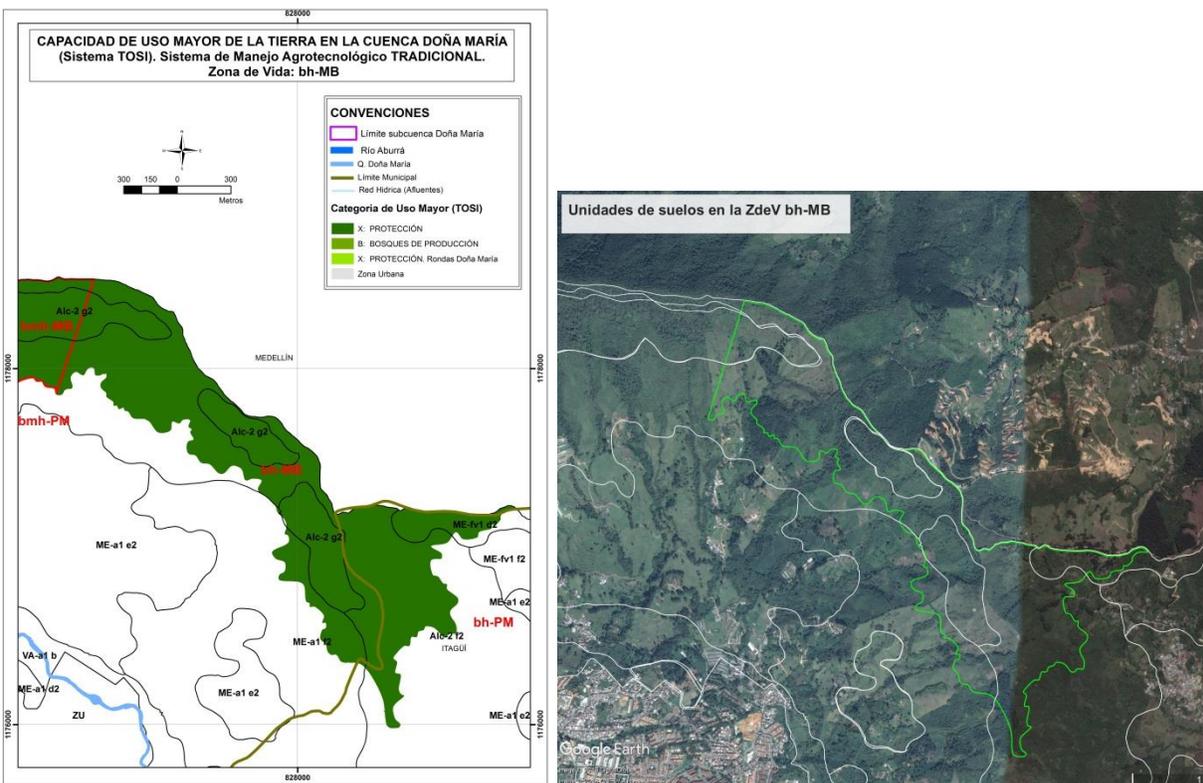
Bosque pluvial montano (Bp-M): el polígono correspondiente a esta ZdeV se encuentra en el alto del Padre Amaya. Según la clave 17 del sistema TOSI, **bajo el SM Tradicional**, para un uso diferente al de Protección con Vegetación Natural (X), tendrían que existir pendientes largas inferiores a 22%, pero en más del 95% del área predominan pendientes superiores, por lo cual el uso máximo es **Protección con Vegetación Natural (X)**. En el mapa 6, puede observarse la situación final para esta zona ZdeV.



Mapa 6. Uso mayor de la tierra, en la ZdeV de bp-M, en la cuenca Doña María.

Bosque húmedo montano bajo (Bh-MB): el polígono correspondiente a esta ZdeV se encuentra en la divisoria de aguas en el sector de la vereda La Verde. Según la clave TOSI 14, **bajo el SM Tradicional**, para los usos en Cultivo Limpio (A) y Pastoreo (P), las pendientes tendrían que ser inferiores a 5%, situación que no se da, por lo cual se descartan. La categoría Cultivo Permanente (C) exige pendientes inferiores a 20%, situación que se presenta en menos del 3% del área, por lo cual se descarta el uso. La categoría Bosques de Producción (B) exige pendientes inferiores a 50%, situación que se presenta en el 50% del área, por lo cual amerita continuar la clasificación. El microrrelieve se ubica en la categoría 3 (Ondulado), por lo cual la pendiente debe ser inferior al 30%, condición que se cumple en menos del 10% del área, descartándose

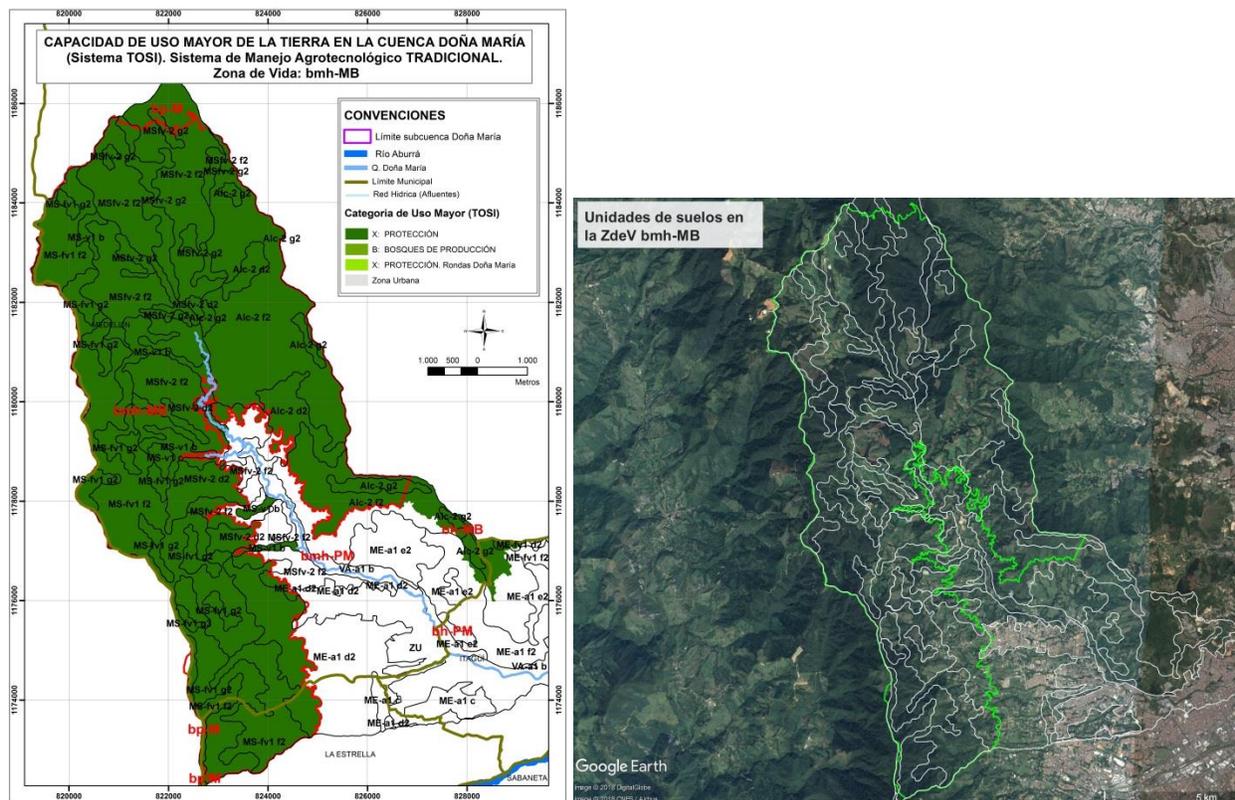
este uso, por lo cual el uso máximo es **Protección con Vegetación Natural (X)**. En el mapa 7, puede observarse la situación final para esta zona ZdeV.



Mapa 7. Uso mayor de la tierra, en la ZdeV de bh-MB, en la cuenca Doña María.

Bosque muy húmedo montano bajo (Bmh-MB): el polígono correspondiente a esta ZdeV se encuentra en la mayor parte de la cuenca. Según la clave 15 de TOSI, **bajo el SM Tradicional**, para los usos en Cultivo Limpio se requieren pendientes inferiores a 2%, por lo cual se descarta el uso, dado que no existen áreas con estas pendientes en la zona indicada. El uso en Pastoreo (P) requiere pendientes inferiores a 3% en pendientes largas, condición que tampoco se presenta, por lo cual se descarta este uso; sin embargo a nivel de finca se manifiestan algunos espacios que pueden cumplir, por lo cual en estudios de mucho detalle (nivel predial) amerita continuar el análisis de

esta categoría. El uso en Cultivos Permanentes (C) exige pendientes inferiores a 10% (pendientes largas) o inferiores a 18% (pendientes cortas). En la escala de trabajo predominan las pendientes largas y se continúa el análisis para pendientes inferiores a 10%: ninguna unidad de suelo cumple y se descarta este uso; sin embargo a nivel de finca se manifiestan algunos espacios que pueden cumplir, por lo cual en estudios de mucho detalle (nivel predial) amerita continuar el análisis de esta categoría. El uso en Bosques de Producción (B), exige pendientes inferiores a 50%, se observa que varias unidades de suelo cumplen. Se permiten unidades de microrrelieve con máximo de categoría 3 (Ondulado), todas las unidades cumplen. La profundidad efectiva debe ser mínimo de 70 cms, todas las unidades de suelo cumplen excepto la **MSv1b** (la cual pasa a la categoría **X: Protección Vegetal natural**). Continuando el análisis para las demás, se admiten todas las texturas de suelo, por lo cual no se descarta ninguna unidad aceptada hasta ahora y se permite pedregosidad hasta la categoría 3 (Muy Pedregoso), todas las categorías cumplen. El drenaje natural permitido va hasta la categoría C (Imperfecto), todas cumplen, en fertilidad natural admite todas las categorías, todas cumplen. En Erosión sufrida sólo admite hasta el nivel 1 (Ligera), por lo cual se recurre al mapa de erosión histórica levantado en el estudio de Agenda Ambiental, a escala detallada. El mapa muestra que más del 95% de todas las unidades evaluadas (y usadas en esta zona en usos diferente a usos en bosques nativos) presentan erosión histórica (Acumulada) Alta, por lo cual se descartan para este uso, quedando en **Protección con Vegetación Natural (X)**. En estudios de mayor detalle (a nivel predial) es muy posible encontrar áreas aptas para usos superiores. En el mapa 8, puede observarse la situación final para esta zona ZdeV.

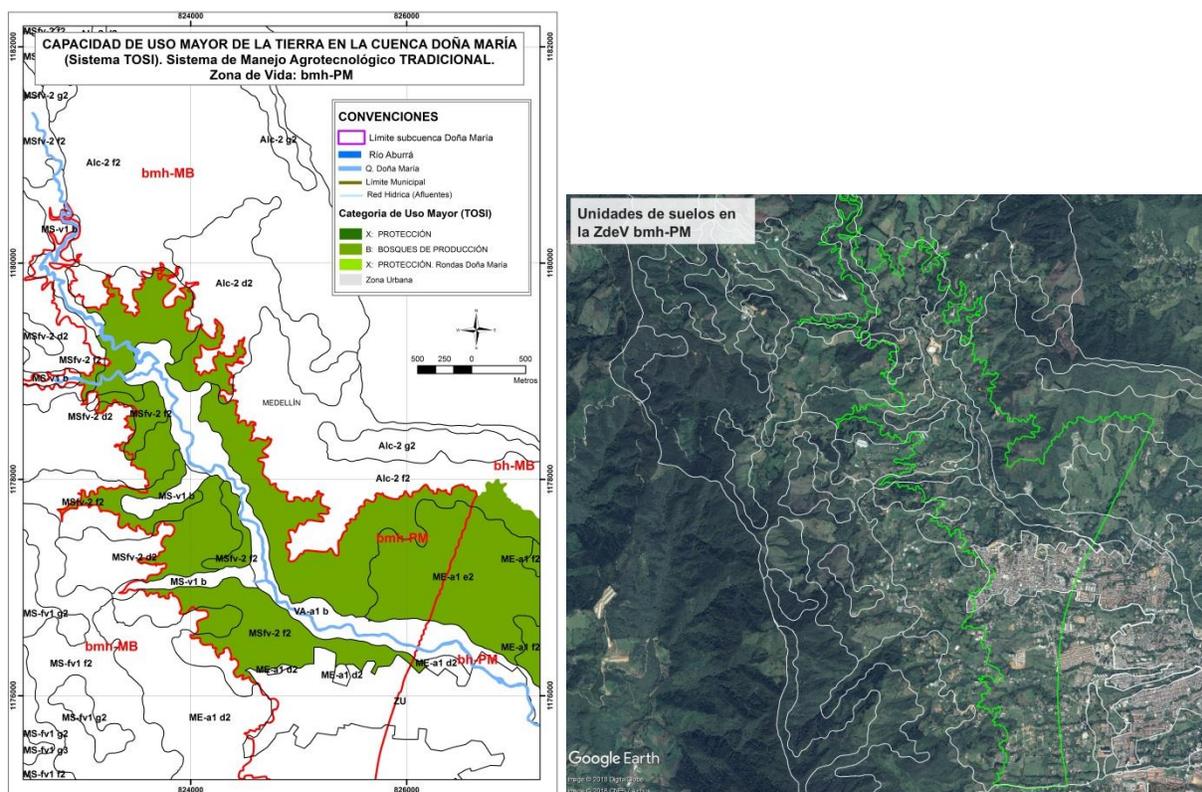


Mapa 8. Uso mayor de la tierra, en la ZdeV de bmh-MB, en la cuenca Doña María.

Bosque muy húmedo premontano (Bmh-PM): el polígono correspondiente a esta ZdeV se encuentra en la parte media de la cuenca en ambas márgenes del cauce principal de la Doña María. Según la clave 8 de TOSI, **bajo el SM Tradicional**, para los usos en Cultivo Limpio se requieren pendientes inferiores a 1%, menos del 5% de esta zona tiene estas características, por lo cual se descarta el uso, pero se evidencia una diáspora de sitios que cumplen la condición, por lo cual amerita que en estudios de gran detalle (a nivel predial) se evalúe la posibilidad de este uso mayor. El uso en Cultivos Permanentes admite pendientes hasta del 12%, observándose que cerca del 30% de esta zona cumple con esta condición en multitud de pequeños sitios, sin que superen el 40% del área total de alguna unidad de suelos, por lo cual se descarta su

uso, excepto en las unidades **VA-a1b** y **ME-a2** donde cerca del 50% cumple la condición, por lo cual debería continuarse el análisis, pero estas unidades en la Zona de Vida descrita están actualmente en la zona urbana y en la de expansión urbana, por lo cual se descartan para el uso. El uso en pastoreo requiere pendientes inferiores a 7% (pendientes largas) o de 10% (pendientes cortas), pero ninguna unidad excepto la **VA-a1b** cumple con esta condición, pero la citada unidad **VA-a1b** se encuentra en zona urbana por lo cual se descarta el uso en pastoreo. El uso en bosques de producción, en esta zona de vida y bajo el sistema de manejo establecido, exige pendientes inferiores a 75% (pendientes largas) o de 100% (pendientes cortas), observándose que todas las unidades de suelos en esta zona de vida cumplen la condición, por lo cual se continúa el análisis; el microrrelieve puede llegar hasta la categoría 3 (Ondulado), condición que también cumplen todas las unidades de suelos; La profundidad de suelos debe ser superior a 80-100cms, condición que cumplen todas las unidades excepto las **VA-a1b** (que además está en zona urbana, por lo cual se descarta) y **MS-v1b**, la cual pasa a la categoría **Protección con Vegetación Natural (X)**. Continuando el análisis para las demás unidades se tiene que se admiten todas las texturas, por lo que todas cumplen, se admite pedregosidad hasta categoría 3 (Muy Pedregoso), todas las categorías cumplen, se admite drenaje natural hasta la categoría C (Imperfecto), todas cumplen; tampoco se encuentra limitación por fertilidad natural y pH; en Erosión sufrida admite hasta el nivel 2 (Moderada) para pendientes entre 30% y 75% (pendientes largas) y entre 50 y 100% en cortas, y hasta nivel 3 (Severa) en pendientes inferiores a 50% (cortas) o a 30% (largas), observándose que más del 70% del área cumple, por lo cual continúan; no se encuentra limitantes por salinidad ni anegamiento, dando como

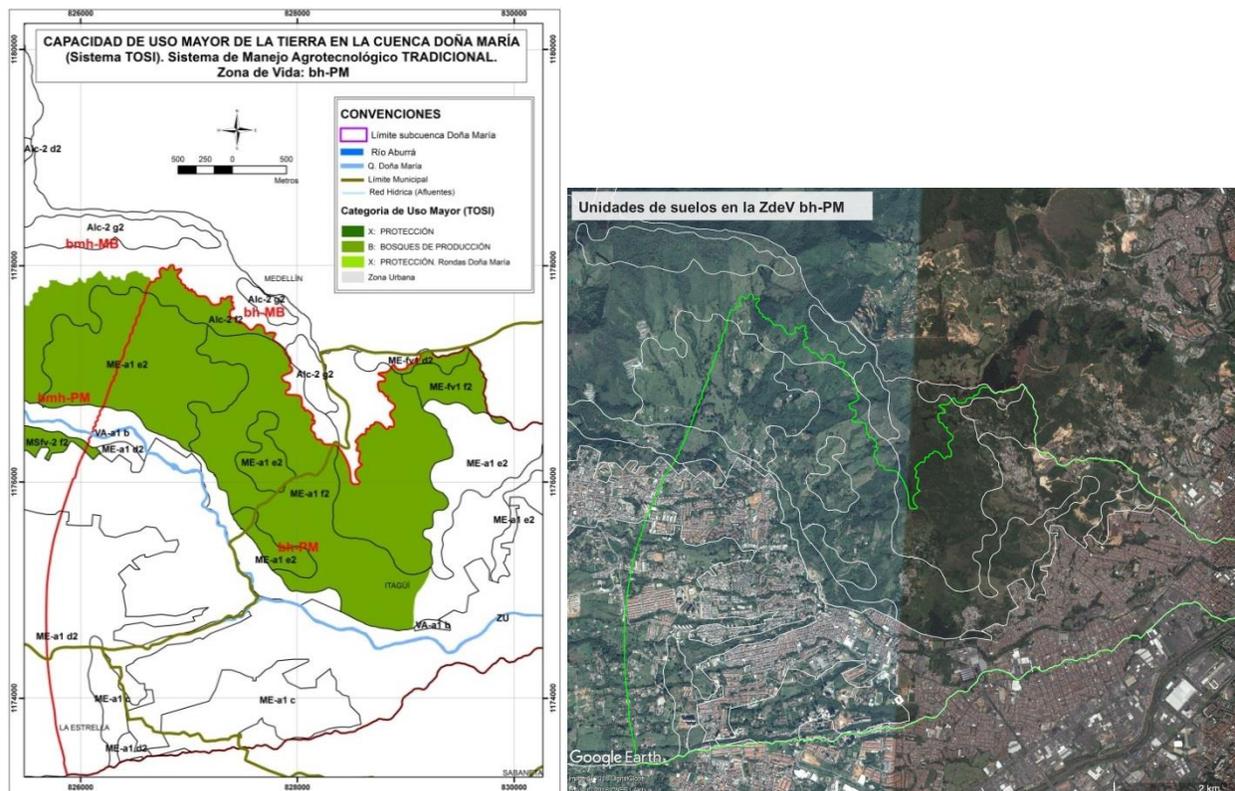
resultado que se admite este uso para las unidades evaluadas, quedando en **Bosques de producción (B)**. En el mapa 9, puede observarse la situación final para esta zona ZdeV.



Mapa 9. Uso mayor de la tierra, en la ZdeV de bmh-PM, en la cuenca Doña María.

Bosque húmedo premontano (Bh-PM): el polígono correspondiente a esta ZdeV se encuentra en la parte baja de la cuenca en su mayoría bajo influencia urbana (toda el área al occidente de la corriente principal y algunos sectores a oriente), por lo cual la mayor parte se descarta para el análisis. Según la clave 9 de TOSI, **bajo el SM Tradicional**, para los usos en Cultivo Limpio se requieren pendientes inferiores a 1%, ningún área cumple con esta condición, descartándose el uso. El uso en Cultivos permanentes requiere pendientes inferiores a 12% (pendientes largas), condición que

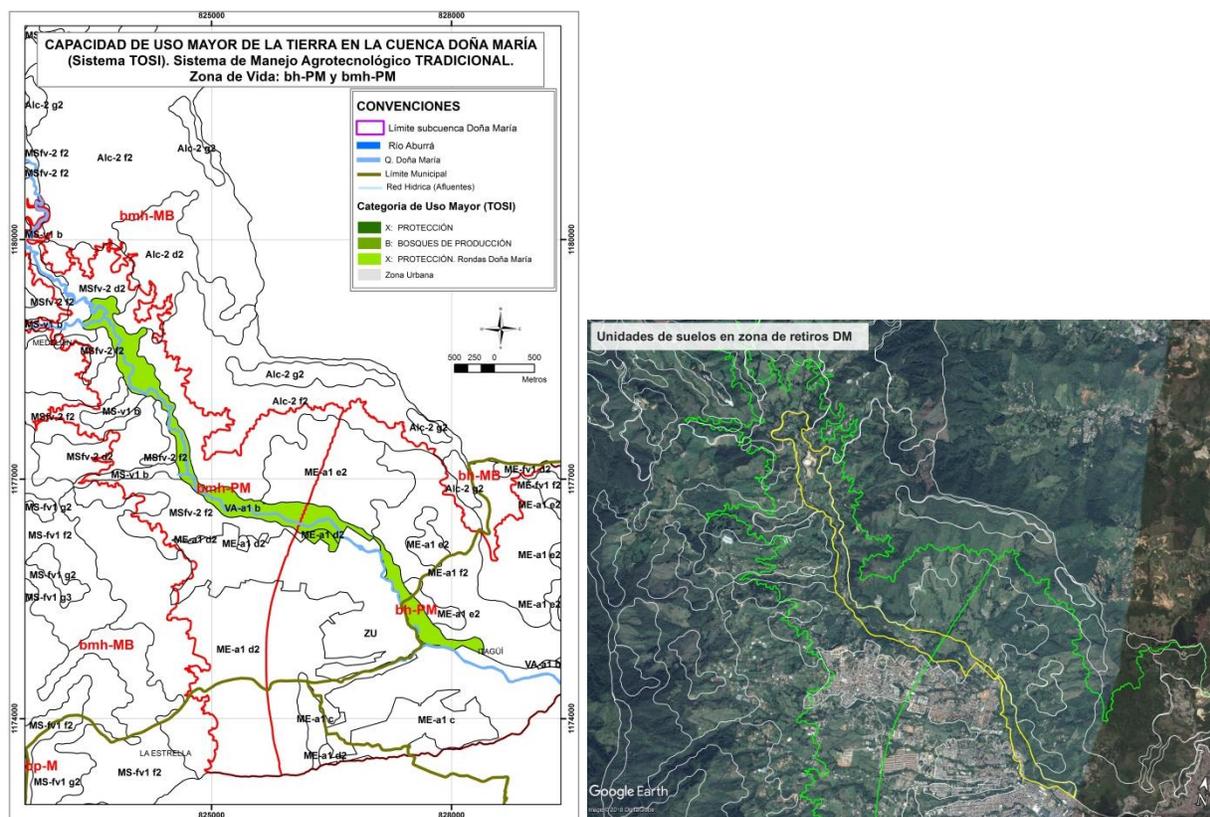
no se cumple, excepto en dos pequeñas áreas que están urbanizadas, por lo que se descarta el uso. El uso en Pastoreo requiere pendientes inferiores a 6% (pendientes largas) o del 12% (pendientes cortas) en esta zona de vida y bajo este sistema de manejo, encontrándose que no existen áreas que cumplan esta condición, por lo cual se descarta el uso. Los bosques de producción pueden implementarse en zonas con pendientes inferiores a 50% (pendientes largas) y 100% (pendientes cortas), encontrándose que la mayor parte de la zona cumple con esta condición, por lo que se continúa el análisis, el microrrelieve debe ser máximo de la categoría 3 (Ondulado), lo cual cumple en todas las unidades de suelo de la zona; La profundidad debe ser superior a 75cm, lo cual se cumple en todas las unidades de suelos de esta zona de vida; son admitidas todas las texturas y la pedregosidad hasta el nivel 3 (Muy Pedregoso), lo cual se cumple; el drenaje natural, el pH y la fertilidad natural no son impedimentos para el uso; se admite erosión sufrida hasta el nivel 3 (Severa), lo cual se cumple; la salinidad y el peligro de anegamiento tampoco son limitantes, por lo cual se admite el uso en estas unidades: **ME-fv1f2, Me-a1e2, ME-a1f2**, quedando en el uso máximo de **Bosques de producción (B)**. En el mapa 10, puede observarse la situación final para esta zona ZdeV.



Mapa 10. Uso mayor de la tierra, en la ZdeV de bh-PM, en la cuenca Doña María.

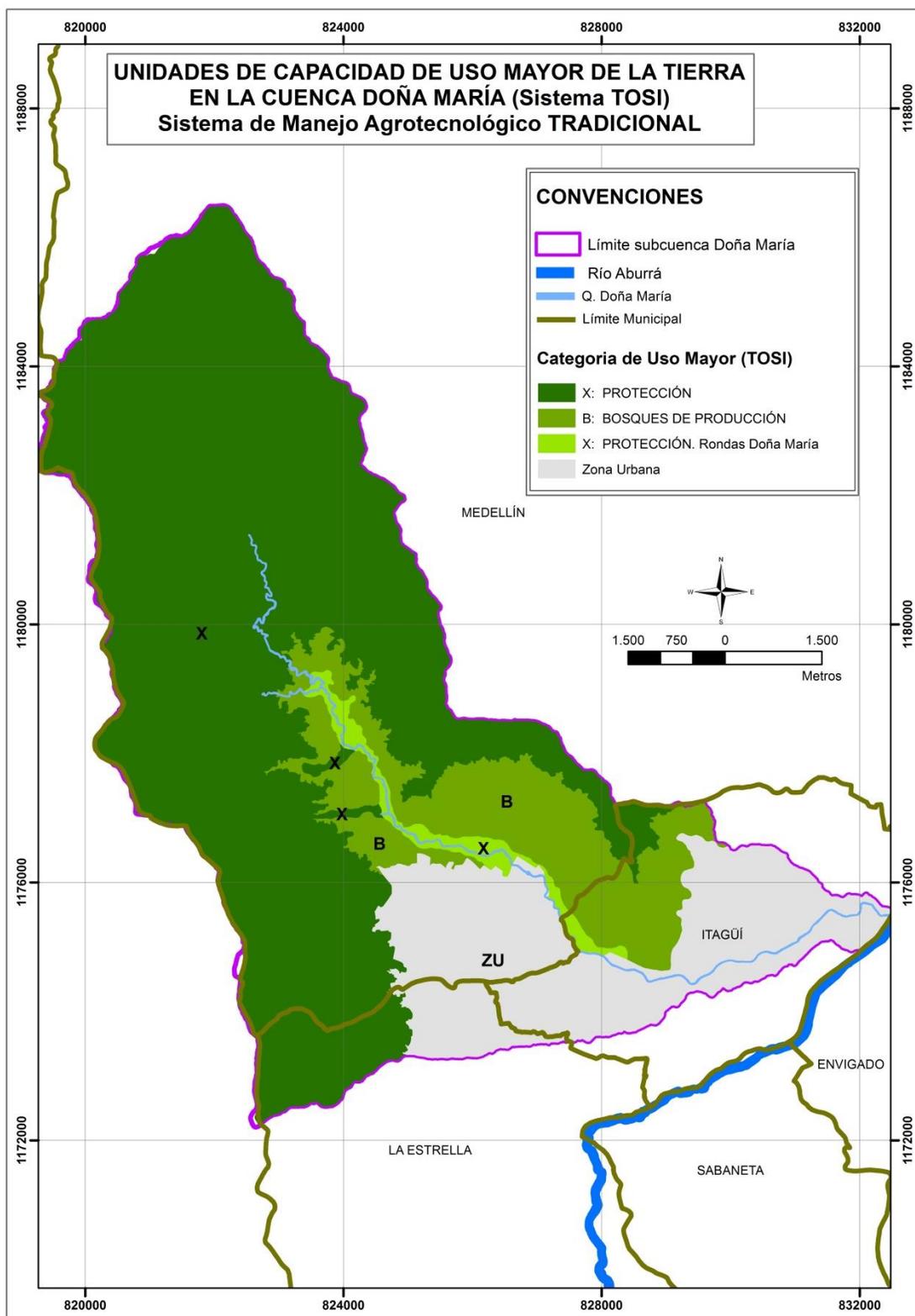
Zonas de retiro de la Doña María en las ZdeV Bh-PM y bmh-PM: el polígono correspondiente a estas ZdeV que se encuentra asociado con los retiros de la quebrada Doña María se ubica en la parte media y baja de la cuenca en su mayoría considerado por el POMCA del río Aburrá (2017) bajo influencia urbana. Esta situación es parcialmente cierta, encontrándose dicha condición sólo en algunos tramos, pero igualmente existen amplios sectores que no tienen este uso urbano y no deben tenerlo, de acuerdo con el POT y otra normatividad de orden nacional, por lo cual no se descarta para el análisis y en cambio se genera una categoría especial de protección (X) asociada a estos retiros. Si bien el sistema TOSI no contempla esta situación, si alude a que deben dejarse en conservación espacios como estos que pueden tener características para un uso mayor, pero que por norma deben destinarse a la

protección, quedando en el uso de **Protección con Vegetación Natural (X)**, sin realizarle el proceso de análisis posterior. En el mapa 11, puede observarse la situación final para esta zona ZdeV.



Mapa 11. Uso mayor de la tierra, en las ZdeV de bh-PM y bmh-PM, en la cuenca Doña María (zona retiros).

Todo el proceso anterior se ajustó en primera instancia mediante aerofotografías ortorreferenciadas observadas en el programa ArcGis 10.1 y con la herramienta Google Earth, dando por resultado la zonificación final que se corroboró mediante dos visitas de campo (que no exigieron modificaciones de los resultados anteriores). El proceso resultante final se presenta en el mapa 12, que muestra el uso mayor de la tierra en la cuenca Doña María, bajo el sistema de manejo agrotecnológico Tradicional (el que actualmente existe en toda la cuenca), levantado con el sistema TOSI.



Mapa 12. Uso mayor de la tierra en la cuenca Doña María, bajo el sistema de manejo agrotecnológico Tradicional.

En la tabla 1 puede observarse el área total (en hectáreas) para cada unidad de uso mayor de la tierra en la cuenca Doña María, excluyendo la zona urbana.

El hecho de que la mayor parte de la cuenca se ubique en el uso mayor de Protección (X), está en plena concordancia con las zonas de vida presentes, desde húmedas hasta pluviales, las fuertes pendientes, en su mayoría entre 50% y 100%, y el sistema de manejo imperante en la cuenca, el Tradicional, caracterizado por ser poco conservacionista del suelo y en general de los bienes naturales, lo cual se hace evidente en que en cerca de 30-40 años de implementación de agricultura y ganadería en la cuenca bajo este sistema de manejo agrotecnológico, ha resultado en una fuerte erosión de suelos (ve mapa 1) y en el acrecentamiento en gran escala de movimientos en masa (Corporación Pro Romeral, 2010), (Alcaldía de Medellín y Corporación Pro Romeral, 2016).

Tabla 1. Área (Has) de los diferentes usos mayores (sistema TOSI) en la cuenca Doña María, bajo el sistema de manejo Tradicional

USO MAYOR	Has SM Tradicional	% del total (sin incluir ZU)
A: CULTIVO EN LIMPIO	0	
C: CULTIVO PERMANENTE	0	
P: PASTOREO	0	
B: BOSQUES DE PRODUCCIÓN	1.002	16,4%
X: PROTECCIÓN	4.968	81,1%
X: PROTECCIÓN Rondas Doña María	154	2,6%
ZU (Zona Urbana, No aplica)	1.438	

Siendo este el resultado final de la investigación, hasta donde los alcances de los objetivos específicos lo contemplan; sin embargo el autor ha decidido avanzar un poco

más, dado que la esencia del sistema de Tosi así lo permite y desde el punto de vista de la ética en el uso de la tierra y de la estética de los paisajes rurales, deben realizarse esfuerzos por mejorar la situación actual, cuando así lo ameriten las realidades territoriales. En esa medida se ha planteado en este mismo trabajo una fase posterior de la zonificación, pensando en lo posible, no sólo en que lo actual es inamovible.

En concordancia con la filosofía y el entramado técnico y científico del sistema de Tosi, se procede a evaluar, la misma cuenca de la Doña María, bajo las mismas condiciones reales, pero con aplicación del sistema de manejo agrotecnológico Artesanal Avanzado, situación que es perfectamente posible de lograren un plazo máximo de 10 años, siempre que exista la voluntad política institucional para implementar procesos masivos de formación a unidades productivas y apoyo económico y logístico para la reconversión agrotecnológica en esta cuenca.

9.2. Situación posible. Uso mayor de la tierra

Sistema de manejo: Artesanal Avanzado en toda la ruralidad de la cuenca Doña María

Siguiendo los mismos procedimientos del ejercicio anterior, realizado para el sistema de manejo Tradicional, se inicia el proceso para el sistema de manejo Artesanal Avanzado. Se aclara que este sistema no es difícil de lograr, pues de hecho era el imperante en la parte media de cuenca hasta hace unos 40 años cuando existía en el territorio extenso cultivos de Café bajo sombrío, en sistemas agroforestales.

Caracterización y evaluación por zonas de vida

Bosque pluvial montano (Bp-M): el polígono correspondiente a esta ZdeV se encuentra en el Padre Amaya. Según la clave 17 de Tosi, **bajo el SM Artesanal Avanzado**, los usos máximos en Cultivo Limpio y Pastoreo quedan eliminados por pendiente. El uso en Bosque de Producción, por la conjugación pendiente y microrrelieve, está imposibilitado, por lo cual el uso máximo es **Protección con Vegetación Natural (X)**.

Bosque húmedo montano bajo (Bh-MB): el polígono correspondiente a esta ZdeV se encuentra en la divisoria de aguas en el sector de la vereda La Verde. Según la clave 14 de Tosi, **bajo el SM Artesanal Avanzado**, para el uso en Cultivo Limpio (A) las pendientes tendrían que ser inferiores a 14% (pendientes largas) o a 23% (Pendientes cortas), situación que no se presenta, por lo cual se descarta el uso. La categoría Cultivo Permanente (C) exige pendientes inferiores a 50% (pendientes largas) o a 80% (pendientes cortas), encontrándose que las unidades **Alc-2 f2**, **ME-a1 f2** y **ME-fv1 d2**, cumplen con el criterio, pero están limitadas por microrrelieve presente que corresponde a la categoría 3 (ondulado), por lo cual se descartan para este uso. La categoría de Pastoreo (P) no cumple por motivos de pendiente, por lo cual se descarta. La categoría Bosques de Producción (B) exige pendientes inferiores a 100%, situación que cumplen todas las unidades, por lo cual amerita continuar la clasificación. El microrrelieve se ubica en la categoría 3 (Ondulado), por lo cual la pendiente debe ser inferior al 30% (pendientes largas) o a 50% (Pendientes cortas), condición que se cumple únicamente en la unidad **ME-fv1 d2**, la cual cumple las demás condiciones por

lo cual se clasifica en la categoría de uso de **Bosques de producción (B)**. Todas las demás unidades de esta zona de vida se clasifican entonces en la categoría de uso máximo de **Protección con Vegetación Natural (X)**.

Bosque muy húmedo montano bajo (Bmh-MB): el polígono correspondiente a esta ZdeV se encuentra en la mayor parte de la cuenca. Según la clave 15 del sistema Tosi, **bajo el SM Artesanal Avanzado**, para los usos en Cultivo Limpio (A) se requieren pendientes inferiores a 12% (Pendientes largas) o a 18% (pendientes cortas), por lo cual se descarta el uso, dado que no existen áreas con estas pendientes en la zona indicada. El uso en Cultivos Permanentes (C) exige pendientes inferiores a 55% (pendientes largas) y a 75% (Pendientes cortas), condición que cumplen muchos polígonos de esta zona, pero así mismo el microrrelieve máximo puede ser de categoría 2 (Ondulado suave), condición que solo cumplen los polígonos 26, 32 y 45, por lo que se continúa el análisis para ellos; el polígono 26 se descarta por no cumplir el criterio de profundidad de suelos, el 32 y 45 continúan, los siguientes criterios hasta pH, se cumplen, el polígono 32 no cumple por el criterio de erosión sufrida, quedando sólo el polígono 45, correspondiente a la unidad de suelos **ME-a1 d2**, en las veredas Potrerito y La Florida, en el corregimiento San Antonio de Prado, por lo cual su categoría de uso mayor, para esta zona de vida y este sistema de manejo es **Cultivos permanentes (C)**. Sin embargo a nivel de finca se manifiestan algunos espacios adicionales que pueden cumplir, por lo cual en estudios de mucho detalle (nivel predial) amerita continuar el análisis de esta categoría.

El uso en Pastoreo (P) requiere pendientes inferiores a 18% en pendientes largas y 28% en pendientes cortas, condición que cumplen en aproximadamente 50% del área los polígonos 22, 26 y 32, continuando el análisis para ellos, la categoría de microrrelieve es cumplida; pero los criterios de profundidad efectiva (debe ser mayor a 100cm), eliminan el polígono 26, los demás criterios (hasta pH) son cumplidos por los dos polígonos restantes, que muestran algunas áreas dentro que no cumplen el criterio de erosión, por lo cual debe refinarse la clasificación en estudios de mayor detalle (nivel predial). Por lo tanto los polígono 22 (correspondiente a la UCAR MSfv-2 d2) y el polígono 32 (correspondiente a la UCAR Alc-2 d2), quedan en la categoría de uso mayor de **Pastoreo (P)**. El uso en bosques de producción permite pendientes cortas hasta de 100% y largas hasta de 75%, condición que cumplen todos los polígonos, excepto el 4 que va a Protección; y por criterios de profundidad efectiva se eliminan de este uso los polígonos 18, 19 y 26 que van a **Protección (X)**. Para los demás polígonos se tiene que cumplen con los criterios de texturas, pedregosidad, Drenaje natural, Fertilidad natural y pH, pero en cuanto a erosión sufrida y para pendientes superiores a 75%, sólo se admite el nivel de erosión 0 (Ninguna), y para pendientes inferiores a 50% se admite máximo la categoría 1 (leve), cumpliendo con estos criterios los polígonos 0, 1, 12, 21, 23, 24, 46 y 49. El 47 está en el límite de la categoría de uso; quedando en **Bosques de producción (B)**. Todos los demás polígonos, correspondientes a varias unidades de suelos, se ubican en la categoría de uso mayor de **Protección con Vegetación Natural (X)**.

Bosque muy húmedo premontano (Bmh-PM): el polígono correspondiente a esta ZdeV se encuentra en la parte media de la cuenca en ambas márgenes del cauce

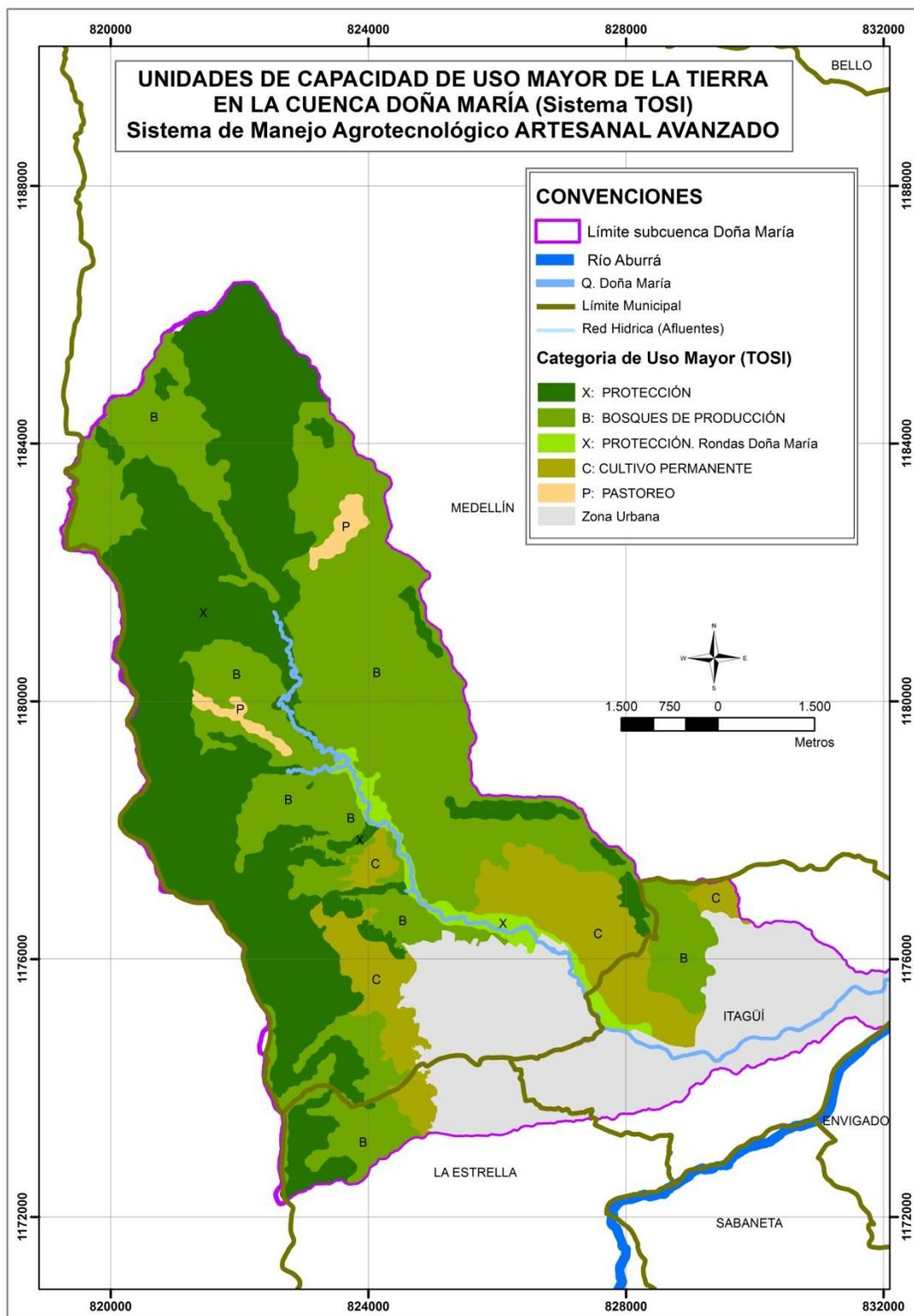
principal. Según la clave 8 de Tosi, **bajo el SM Artesanal Avanzado**, para los usos en Cultivo Limpio (A) admite pendientes inferiores a 6% (pendientes largas) y hasta el 12% (pendientes cortas), cerca del 30% de esta zona cumple con estas características, pero en áreas muy pequeños y dispersas que para la escala de trabajo no justifica su cartografiado, pero en una escala de detalle a nivel de subcuencas locales (1:5000) y predial será de gran utilidad. Debido a que ninguna unidad de suelo de esta zona de vida cumple en más de 50% con esta condición se descarta el uso. El uso en Cultivos Permanentes (C) admite pendientes hasta del 32% (pendientes largas) y hasta 46% (pendientes cortas), pero el microrrelieve categoría 2 (Ondulado suave) que predomina en esta zona limita la posibilidad del uso hasta pendientes de 30%, por lo cual solo las unidades **ME-a1e2** y un sector de la unidad **MSfv-2 d2**, cumplen y se continúa el análisis para ellas, y los siguientes parámetros no son limitantes, por lo cual quedan en la categoría **C: Cultivos Permanentes**. El uso en Pastoreo (P) admite pendientes inferiores a 14% (pendientes largas) o de 20% (pendientes cortas), pero ninguna unidad cumple con esta condición, por lo cual se descarta el uso en pastoreo, sin embargo se visualizan numerosos pequeños polígonos que deben ser considerados en estudios de mayor detalle, para esta opción de uso, bajo este sistema de manejo y en esta zona de vida. El uso en Bosques de producción (B), en esta zona de vida y bajo el sistema de manejo establecido, exige pendientes inferiores a 75% (pendientes largas) o de 100% (pendientes cortas), observándose que todo el resto de unidades de suelos en esta zona de vida cumplen la condición, por lo cual se continúa el análisis; ningún otro parámetro resulta limitante para este uso, Por lo cual el uso máximo posible es **Bosques de producción (B)**.

Bosque húmedo premontano (Bh-PM): el polígono correspondiente a esta ZdeV se encuentra en la parte baja de la cuenca en su mayoría bajo influencia urbana (toda el área al occidente de la corriente principal y algunos sectores a oriente), por lo cual la mayor parte se descarta para el análisis. Según la clave 9 de Tosi, **bajo el SM Artesanal Avanzado**, para los usos en Cultivo Limpio (A) se requieren pendientes inferiores a 10% (Pendientes largas) o 16% (pendientes cortas), ningún área cumple con esta condición, por lo cual se descarta el uso, no obstante se visualizan numerosos polígonos pequeños que en estudios más detallados (a nivel predial) pueden admitir esta categoría. El uso en Cultivos permanentes (C) requiere pendientes inferiores a 25% (pendientes largas) o 45% (pendientes cortas), condición que se cumple, en la unidad **ME-a1e2**, la cual cumple con las limitaciones de los demás parámetros, quedando en esta categoría de uso mayor, **Cultivos permanentes (C)**. Las demás unidades de suelos también cumplen el criterio de pendiente y se continúa el análisis para ellas, todas cumplen los criterios de los diferentes parámetros, quedando en la categoría de uso mayor **Cultivos permanentes (C)**, excepto la unidad **A1c-2 f2** que está limitada por la erosión sufrida, por lo cual se continúa el análisis para esta última unidad, que tampoco cumple los criterios para el uso en Pastoreo (P), pero si para el uso en **Bosques de producción (B)**.

Como resultado final de este ejercicio se obtuvo un nuevo mapa de capacidad de uso mayor de la tierra, para la cuenca Doña María, bajo el sistema de manejo agrotecnológico Artesanal Avanzado, que si bien no existe en la actualidad en el territorio, puede implementarse desde el corto plazo, calculándose que puede establecerse definitivamente en un plazo máximo de 10 años, lo cual no sólo redundará

en beneficios ambientales (control de erosión, de pérdida de bosques y contaminación hídrica), sino sociales (sostenibilidad de usos y economías en producciones campesinas y agroindustriales), económicas (menores costos de producción a mediano y largo plazo, incremento en rendimientos de manera sostenida) y de planificación territorial (disminución y hasta eliminación de conflictos de uso).

El proceso resultante final se presenta en el mapa 13, que muestra el uso mayor de la tierra en la cuenca Doña María, bajo el sistema de manejo agrotecnológico Artesanal Avanzado, el que puede existir en toda la cuenca y el cual se propone, levantado con el sistema TOSI.



Mapa 13. Uso mayor de la tierra en la cuenca Doña María, bajo el sistema de manejo agrotecnológico Artesanal Avanzado.

En la tabla 2 puede observarse el área total (en hectáreas) para cada unidad de uso mayor de la tierra en la cuenca Doña María, bajo el sistema de manejo Artesanal Avanzado.

Tabla 2. Área (Has) de los diferentes usos mayores (sistema TOSI) en la cuenca Doña María, bajo el sistema de manejo Artesanal Avanzado

USO MAYOR	Has SM Artesanal	% del total (sin incluir ZU)
A: CULTIVO EN LIMPIO	0	
C: CULTIVO PERMANENTE	710	11,6%
P: PASTOREO	75	1,2%
B: BOSQUES DE PRODUCCIÓN	2.731	44,6%
X: PROTECCIÓN	2.454	40,1%
X: PROTECCIÓN Rondas Doña María	154	2,5%
ZU (Zona Urbana, No aplica)	1.438	

10. CONCLUSIONES

Uno de los aspectos más interesantes del sistema de Tosi es su carácter dinámico, al contemplar que las condiciones sociales (tecnologías aplicadas, prácticas culturales, y en general los sistemas de manejo agrotecnológicos) pueden modificar la capacidad de uso mayor de la tierra y que generalmente esa modificación no sólo no degrada la tierra, sino que puede ayudar notablemente a restaurarla y protegerla, aunque su uso mayor se haya incrementado en cuanto a áreas usadas en categorías diferentes a la de protección.

El sistema parte de que la capacidad del uso mayor de la tierra no es estática, como en la mayoría de sistemas de clasificación de usos máximos o potenciales, en donde sólo se contemplan características del territorio (o mejor de la tierra) de tipo biofísico. Estas zonificaciones a la larga terminan siendo rebasadas por las fuerzas de los hechos sociales, generando usos en los territorios y en las cuencas hidrográficas que muestran amplias zonas en conflictos y extensas áreas con procesos activos de degradación ambiental.

En rigor científico y técnico la cuenca de La Doña María, bajo los sistemas de manejo tradicionales que existen en la cuenca desde hace varias décadas, debería estar en más de un 83% destinada para protección o conservación estricta con coberturas de bosques nativos, produciendo sólo bienes y servicios ecosistémicos; pero la realidad es que la mayor parte está en otros usos (ganadería y plantaciones forestales) generando conflictos de uso de gran magnitud espacial. Sin embargo estos

conflictos de uso puede aminorarse notablemente al modificar el sistema de manejo agrotecnológico.

Aunque parezca contradictorio, en la cuenca Doña María, es posible disminuir los conflictos de uso de la tierra y controlar los procesos de degradación ambiental, especialmente la erosión de suelos, no tanto por la vía de prohibición de usos en muchas zonas en conflicto, sino transformando el sistema de manejo agrotecnológico, lo cual beneficiará el ambiente y prevendrá conflictos sociales que pueden derivarse de la exigencia de cambio de uso en aquellas zonas que pueden soportar ciertos niveles de uso superiores, siempre y cuando se establezcan bajo sistemas de manejo mejorados, conservacionistas.

En la actualidad, y luego de los nuevos estudios de actualización del POMCA del río Aburrá, que levantó un mapa de suelos a escala 1:25.000, ya están dadas las condiciones para desarrollar las actualizaciones de los diferentes PIOM, incorporando el sistema Tosi, como el sistema oficial para el levantamiento del mapa de uso potencial. Sólo es necesario generar en todo el territorio el levantamiento de las curvas a nivel con cotas cada 10 metros o menos.

Si bien el sistema Tosi contempla 13 factores para el levantamiento y cartografía de las unidades de capacidad de uso mayor de la tierra, hay varias que son más relevantes: Zona de Vida, Sistema de manejo agrotecnológico, Pendiente/longitud del terreno, microrrelieve y erosión sufrida, incluso la profundidad efectiva está en esta categoría de prioridad.

11. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los municipios implicados en la cuenca de la Doña María asumir la presente clasificación del uso mayor de la tierra, como el mapa de uso potencial en sus próximas actualizaciones de POT y PBOT, y además al AMVA en su actualización del PIOM de la Doña María.

El sistema de manejo agrotecnológico es determinante y limitante clave en la capacidad de uso mayor de la tierra en la cuenca Doña María, por lo cual se recomienda a las instituciones públicas y privadas incrementar, mantener y profundizar los procesos de reconversión agrotecnológica, iniciados desde algunos actores organizativos con el tímido apoyo de la alcaldía de Medellín, hasta establecer en todo el territorio el sistema de manejo Artesanal Avanzado.

Se recomienda a AMVA, que en su proceso de actualización de los PIOM del Valle de Aburrá (cerca de 15 priorizados), se establezca el sistema de Tosi como el sistema de clasificación para el uso mayor de la tierra, dado que ya están dadas las condiciones necesarias para que pueda implementarse en toda la región. Estos mapas de uso potencial basados en el sistema Tosi, deberán contemplar siempre los dos escenarios uno con el sistema de manejo actual y otro con los sistemas de manejo posible y recomendado (que en la mayoría de casos será el Artesanal Avanzado).

Se recomienda a la Secretaría de Medio Ambiente de la Gobernación de Antioquia y a las CAR del departamento, apoyar y adoptar el sistema de Tosi, como el sistema de clasificación de uso mayor de la tierra para los diferentes municipios del departamento donde se actualicen los POT, PBOT y EOT y donde se diseñen PIOM.

En caso de carecer de información necesaria (curvas a nivel máximo cada 25 metros y preferiblemente cada 10 metros y estudios semidetallados de suelos, escala 1:25.000) es imprescindible levantarla.

Se recomienda a las UMATAS y UDRAS de los municipios que promuevan y realicen mapas de capacidad de uso mayor de la tierra por el sistema Tosi, a nivel de fincas en aquellos proyectos que involucren inversiones públicas y que se dirijan al apoyo y promoción de la producción rural sostenible.

REFERENCIAS

- Alcaldía de Medellín. (2008). *Monitoreo del Recurso Hídrico, Recurso Suelo-Bosque, en el Corregimiento de San Antonio de Prado del Municipio de Medellín*. Estudio de Monitoreo ambiental, Medellín.
- Alcaldía de Medellín y Corporación Pro Romeral. (2009). *Monitoreo del recurso hídrico en el corregimiento de San Antonio de Prado del municipio de Medellín*. Medellín.
- Alcaldía de Medellín y Corporación Pro Romeral. (2012). *Monitoreo del recurso hídrico y de los trayectos de retiros de quebrada, en el corregimiento San Antonio de Prado del municipio de Medellín, de acuerdo con las directrices trazadas en la agenda ambiental y en la tercera fase de monitoreo de quebradas*. Medellín.
- Alcaldía de Medellín y Corporación Pro Romeral. (2013). *Quinta fase del monitoreo del recurso hídrico y los trayectos de retiro de quebradas en la comuna 80 del municipio de Medellín, de acuerdo con la agenda ambiental*. Medellín.
- Alcaldía de Medellín y Corporación Pro Romeral. (2016). *Comanejo de las áreas y ecosistemas de importancia ambiental del corregimiento de San Antonio de Prado, municipio de Medellín*. Medellín.
- Alcaldía de Medellín. Secretaría del Medio Ambiente. (2007). *Agenda Ambiental Local para el Corregimiento de San Antonio de Prado y Bases para la Implementación del Sistema de Gestión Ambiental Corregimental*. Medellín.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá y CCTA. (2008). *Plan de Ordenación y Manejo de la Quebrada Doña María, Municipios de Itagüí, La Estrella y Medellín*. Medellín, Colombia: AMVA.
- Comitato Internazionale Per lo Sviluppo dei Popoli – CISP. (2008). *Formulación y puesta en marcha de un programa de capacitación, promoción y apoyo para la adecuación o reconversión de las prácticas agropecuarias con impactos ambientales negativos en San Antonio de Prado. Subproyecto: Caracterización de los sistemas de m*. Medellín.
- Concejo de Medellín. (2014). *Acuerdo 48 de 2014*.
- Corantioquia. (2015). *Actualización del Plan de Manejo del Distrito de Manejo Integrado –DMI Valle De Aburrá – Río Cauca*. Medellín.
- Corantioquia, AMVA y Cornare. (2017). *Actualización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Aburrá*. Medellín.

- Corporación Pro Romeral. (2010). *Monitoreo de la actividad de los movimientos en masa en San Antonio de Prado, municipio de Medellín*. Medellín.
- IDEAM, IGAC y MAVDT. (2010). *Protocolo de Degradación de Suelos y Tierras por Erosión*. Bogotá, Colombia.
- MADS. (2014). *Política Nacional para la Gestión Integral Ambiental del Suelo*. Bogotá.
- MADS. (2016). *Política para la Gestión Sostenible del Suelo*. Bogotá.
- Parent, G., & et.al. (1990). *Guía de Planificación de Unidades Familiares de Producción*. Bucaramanga, Colombia: CDMB.
- Pérez F, C. (1983). Uso de la Tierra Rural -Actual y Potencial. En M. d. Ambiente, *Estudio Nacional del Agua - ENA. Anexo C-1*. Bogotá.
- Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. (Junio de 1981). Memorias del Seminario Internacional sobre Clasificación del Uso Potencial de la Tierra en el Trópico Latinoamericano. *Suelos Ecuatoriales, XI(1)*, 318.
- Tosi, J. A. (1981). *Una Clasificación y Metodología para la Determinación y Levantamiento de Mapas de la Capacidad de Uso Mayor de la Tierra* (Vol. 67). San José, Costa Rica: CCT.
- Tosi, J. A. (1985). *Manual para la Determinación de la capacidad de Uso de Las Tierras de Costa Rica*. San José, Costa Rica: CCT.
- Uribe G, C. (2003). Anotaciones técnicas sobre los parámetros considerados en el sistema de clasificación de tierras de TOSI. Medellín, Colombia.
- Uribe G, C. (2004). Anotaciones sobre los sistemas de manejo agrotecnológicos reconocidos en Colombia. Medellín, Colombia.
- Uribe G, C. (2008). *Programa de capacitación, promoción y apoyo para la reconversión de las prácticas agropecuarias con impactos ambientales negativos. Subproyecto: Caracterización de los sistemas de manejo agrotecnológicos en San Antonio de Prado*. Medellín.
- Uribe G., C. M. (2017). El suelo y la tierra como elementos de regulación legal. Medellín.
- Uribe G., C. M., & Vélez V., L. D. (1987). *Bases para un Proyecto de Ecodesarrollo Agrícola para Santa Elena*. Medellín, Colombia.

ANEXOS

Anexo 1. Claves Tosi Para la cuenca Doña María

ZONA DE VIDA: BOSQUE MUY HÚMEDO PREMONTANO TROPICAL - BOSQUE MUY HÚMEDO SUBTROPICAL (ASOCIACIÓN CLIMÁTICA) C L A V E 8														
A = 33 TONELADAS /HA / AÑO , CUANDO LA PROFUNDIDAD DEL SUELO = 120 CMS. Y R = 2000														
CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LA TIERRA	SISTEMA DE MANEJO AGRO-TECNOLÓGICO	PENDIENTE EN %		MICRO-RELIEVE	PROFUND. EFECTIVA	TEXTURAS	PEDREGOSIDAD	DRENAJE NATURAL	FERTILIDAD NATURAL	PH	EROSIÓN SUFRIDA	SALINIDAD	PELIGRO DE ANEGAM.	Observaciones
		LONGITUD DE LA PENDIENTE												
		Cortas	Largas											
A CULTIVO EN LIMPIO	M, A, T, N	0 - 1	0 - 1	1	120	L, M	0	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0	0 - 1	Avenamiento deseable
	M, A, T, N	0 - 2	0 - 1	1 - 2	100	L, M, P	0	A, B, C	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0	0 - 1	Avenamiento necesario
	A, T, N	0 - 1	0 - 1	1 - 2	50	L, M, P	0 - 1	A, B	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0	0 - 1	N-Rotación A/X = 1 : 8
	A, N	1 - 4	1 - 2	1 - 2	120	L, M, P	0 - 1	A, B, C	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0	0 - 1	N-Rotación A/X = 1 : 12
	M, A, N	1 - 8	1 - 4	1 - 2	120	L, M	0	A, B	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0	0 - 1	N-Rotación A/X = 1 : 10
	M, A, N	1 - 12	1 - 6	1 - 2	120	L	0	A	1 - 2	6 - 8	0 - 1			0 - 1	N-Rotación A/X = 1 : 52
N	1 - 15	.....	1 - 2	60	L, M, P	0 - 1	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1				
C CULTIVOS PERMANENTES	M, A, T	0 - 14	0 - 9	1 - 2	120	L, M, P	0 - 1	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0	0 - 1	Avenamiento deseable
	A, T	14 - 20	9 - 12	1 - 2	120	L, M	0 - 2	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1			
	A	14 - 22	9 - 15	1 - 2	120	L, M, P	0 - 2	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1			
	A	22 - 30	15 - 20	1 - 2	120	L, M	0 - 2	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1			
	A	30 - 46	20 - 32	1	120	L	0 - 1	A, B	1 - 2	6 - 8	0			
P PASTOREO	A, T	0 - 1	0 - 1	1 - 2	40	L, M, P	0 - 3	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0 - 1	0 - 2	Avenamiento deseable
	M, A, T	0 - 6	0 - 4	1 - 2	120	L, M	0 - 1	A, B, C	1 - 4	5 - 9	0 - 1	0 - 1	0 - 1	
	M, A, T	6 - 10	4 - 7	1 - 2	120	L	0 - 1	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0 - 1	0 - 1	
	A	1 - 6	1 - 4	1 - 2	80	L, M, P	0 - 3	A, B, C	1 - 4	5 - 9	0 - 1			
	A	6 - 12	4 - 8	1 - 2	120	L, M	0 - 3	A, B	1 - 4	5 - 9	0 - 1			
	A	12 - 20	8 - 14	1 - 2	120	L	0 - 3	A	1 - 3	5,5 - 8,5	0			
B BOSQUES DE PRODUCCIÓN	A, T	0 - 1	0 - 1	1 - 4	60	TODAS	0 - 3	TODOS	1 - 5	>4	0 - 3	0 - 3	0 - 3	
	M, A, T	1 - 50	1 - 30	1 - 3	80	TODAS	0 - 3	A, B, C	1 - 5	>4	0 - 3		0 - 2	
	M, A, T	50 - 100	30 - 75	1 - 3	100	TODAS	0 - 3	A, B, C	1 - 5	>4	0 - 2			
	A	100 - 125	75 - 100	1 - 2	120	TODAS	0 - 2	A, B	1 - 4	5 - 9	0 - 1			
X PROTECCIÓN VEGETACIÓN NATURAL	TODOS	TIERRAS CON CARACTERÍSTICAS FUERA DE LOS LÍMITES SEÑALADOS PARA LOS GRUPOS SUPERIORES												

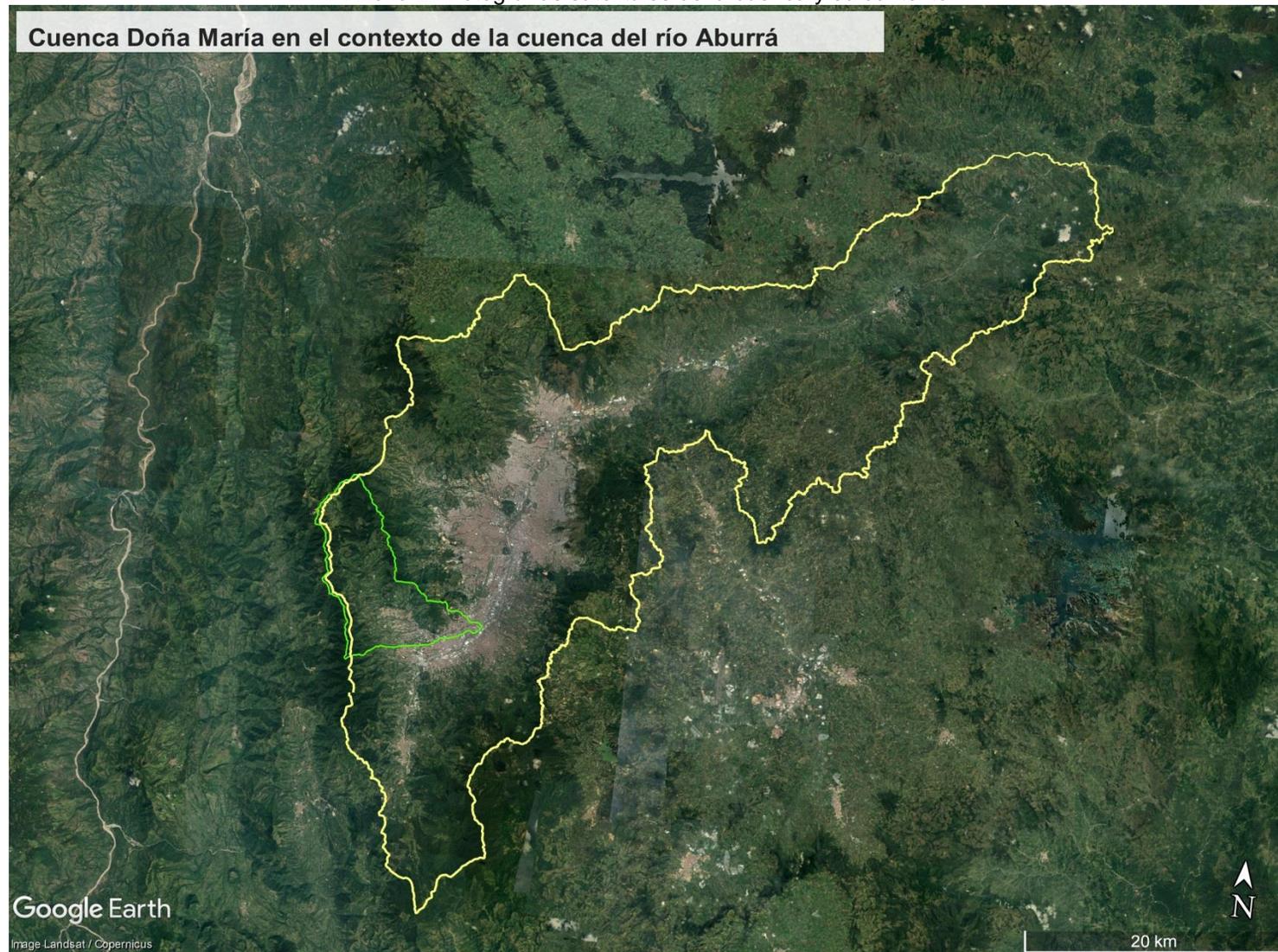
ZONA DE VIDA: BOSQUE HÚMEDO PREMONTANO - BOSQUE HÚMEDO SUBTROPICAL (ASOCIACIÓN CLIMÁTICA) CLAVE 9														
A = 27 TONELADAS /HA / AÑO , CUANDO LA PROFUNDIDAD DEL SUELO = 75 CMS. Y R = 1050														
CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LA TIERRA	SISTEMA DE MANEJO AGROTECNOLÓGICO	PENDIENTE EN %		MICRO RRELIEVE	PROFUNDIDAD EFECTIVA	TEXTURAS	PEDREGOSIDAD	DRENAJE NATURAL	FERTILIDAD NATURAL	PH	EROSIÓN SUFRIDA	SALINIDAD	PELIGRO DE ANEGAMIENTO	OBSERVACIONES
		LONGITUD DE LA PENDIENTE CORTAS	LARGAS											
A CULTIVO EN LIMPIO	M, A, T, N	0 - 1	0 - 1	1 - 2	100	Todas	0	A, B, C, D	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0	0 - 1	Incluye Arroz inundado: R.S.
	M, A, T, N	0 - 1	0 - 1	1 - 2	75	L, M, P	0	A, B, C	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0 - 1	0 - 1	R.S. Opcional
	A, T, N	0 - 1	0 - 1	1	40	Todas	0 - 1	A, B, C	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0 - 2	0 - 2	R.S. opcional
	M, A, N	1 - 6	1 - 4	1 - 2	75	L, M, P	0 - 1	A, B, C	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0 - 1	0 - 1	R.S. opcional; N-Rotación A/X = 1 : 3
	M, A, N	6 - 10	4 - 6	1 - 2	100	L, M	0 - 1	A, B	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0 - 1	0	R.S. opcional; N-Rotación A/X = 1 : 5
	M, A, N	10 - 16	6 - 10	1 - 2	100	L	0 - 1	A	1	6,5 - 7,5	0	0	0	R.S. opcional; N-Rotación A/X = 1 : 10
C CULTIVOS PERMANENTES	M, A, T	0 - 12	0 - 12	1 - 2	100	L, M, P	0 - 1	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0 - 2	0 - 1	R.S. opcional
	A, T	0 - 15	0 - 8	1 - 3	50	L, M, P	0 - 2	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 2	0 - 2	0 - 1	R.S. opcional
	A, T	1 - 20	1 - 12	1 - 3	100	Todas	0 - 2	A, B, C	1 - 2	6 - 8	0 - 2	0 - 1		R.S. opcional
	A	1 - 35	1 - 22	1 - 2	75	L, M, P	0 - 2	A, B	1 - 2	6 - 8	0 - 1			
	A	20 - 25	12 - 45	1 - 2	100	L, M	0 - 1	A, B	1 - 2	6 - 8	0 - 1			
P PASTOREO	A, T	0 - 1	0 - 1	1 - 3	25	Todas	0 - 3	A, B, C, D	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0 - 2	0	
	M, A, T	1 - 3	1 - 2	1 - 2	50	L, M, P	0 - 1	A, B, C	1 - 4	5 - 9	0 - 2	0 - 1	0 - 1	
	M, A, T	1 - 12	1 - 6	1 - 2	75	L, M	0 - 1	A, B, C, D	1 - 4	5 - 9	0 - 1			
	A	12 - 22	6 - 15	1 - 2	100	L	0 - 3	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0			
B BOSQUES DE PRODUCCIÓN	A, T	0 - 1	0 - 1	1 - 3	50	TODAS	0 - 3	TODOS	1 - 5	>4	0 - 3	0 - 3	0 - 3	
	M, A, T	1 - 50	1 - 30	1 - 3	50	TODAS	0 - 3	A, B, C, D	1 - 5	>4	0 - 3	0 - 1	0 - 2	
	M, A, T	50 - 100	30 - 50	1 - 2	75	TODAS	0 - 3	A, B, C	1 - 4	5 - 9	0 - 3			
	A	100 - 150	50 - 100	1 - 2	100	TODAS	0 - 2	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 2			
X PROTECCIÓN VEGETACIÓN NATURAL	TODOS	TIERRAS CON CARACTERÍSTICAS FUERA DE LOS LÍMITES SEÑALADOS PARA LOS GRUPOS SUPERIORES												

ZONA DE VIDA: Bosque húmedo Montano Bajo Tropical - Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical (Asociación Climática) CLAVE 14														
A = 21 toneladas /Ha / año , cuando la profundidad del suelo = 60 cms. y R = 525														
CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LA TIERRA	SISTEMA DE MANEJO AGROTECNOLÓGICO	PENDIENTE EN %		MICRORELIEVE	PROFUNDIDAD EFECTIVA	TEXTURAS	PEDREGOSIDAD	DRENAJE NATURAL	FERTILIDAD NATURAL	PH	EROSIÓN SUFRIDA	SALINIDAD	PELIGRO DE ANEGAMIENTO	OBSERVACIONES
		LONGITUD DE LA PENDIENTE												
		CORTAS	LARGAS											
A CULTIVO EN LIMPIO	M, A, T	0 - 1	0 - 1	1 - 2	90	M	0	B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0	0 - 1	R.S. opcional
	M, A, T	0 - 1	0 - 1	1 - 2	60	L, M, P	0	A, B, C	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0 - 1	0 - 1	R.S. opcional
	A, T	0 - 1	0 - 1	1	30	Todas	0 - 1	A, B, C	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0 - 2	0 - 2	R.S. opcional
	M, A, N	1 - 3	1 - 2	1 - 2	90	L, M	0	B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0	0 - 1	R.S. opcional
	M, A	3 - 10	2 - 6	1 - 2	90	L, M, P	0 - 1	A, B, C	1 - 2	6 - 8	0 - 1	0 - 1	0 - 1	R.S. opcional
	A	10 - 15	6 - 9	1 - 2	90	L, M	0 - 1	A, B	1 - 2	6 - 8	0 - 1			
	A	15 - 23	9 - 14	1 - 2	90	L	0 - 1	A, B	1 - 2	6 - 8	0 - 1			
C CULTIVOS PERMANENTES	M, A, T	0 - 16	0 - 16	1 - 2	100	L, M, P	0 - 1	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0 - 2	0 - 1	Riego opcional: aspersión
	A, T	16 - 30	16 - 20	1 - 3	100	L, M, P	0 - 2	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 2			Riego opcional
	A, T	1 - 20	1 - 14	1 - 3	60	L, M, P	0 - 2	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 2			Riego opcional
	A	20 - 40	14 - 28	1 - 2	60	L, M, P	0 - 2	A, B, C	1 - 2	6 - 8	0 - 1			
	A	40 - 80	28 - 50	1 - 2	100	L, M	0 - 1	A, B	1 - 2	6 - 8	0 - 1			
P PASTOREO	A, T	0 - 2	0 - 1	1 - 3	20	Todas	0 - 3	A, B, C, D	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0 - 2	0 - 1	Avenamiento deseable
	M, A, T	1 - 3	1 - 2	1 - 2	40	L, M, P	0 - 1	A, B, C, D	1 - 4	5 - 9	0 - 2	0 - 1	0 - 1	
	M, A, T	3 - 8	2 - 5	1 - 2	60	L, M	0 - 1	A, B, C	1 - 4	5 - 9	0 - 2	0 - 1		
	A	3 - 10	2 - 7	1 - 3	60	L, M, P	0 - 3	A, B, C	1 - 4	5,5 - 8,5	0 - 1	0 - 1		
	A	10 - 16	7 - 10	1 - 3	60	L, M	0 - 3	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1	0 - 1		
	A	16 - 25	10 - 18	1 - 3	60	L	0 - 2	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1			
B BOSQUES DE PRODUCCIÓN	A, T	0 - 1	0 - 1	1 - 4	40	TODAS	0 - 3	TODOS	1 - 5	>4	0 - 3	0 - 2	0 - 2	
	M, A, T	1 - 50	1 - 30	1 - 3	40	TODAS	0 - 3	TODOS	1 - 5	>4	0 - 3	0 - 1	0 - 2	
	M, A, T	50 - 100	30 - 50	1 - 2	60	TODAS	0 - 3	A, B, C	1 - 4	5 - 9	0 - 2			
	A	100 - 150	50 - 100	1 - 2	80	M, P	0 - 2	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1			
X PROTECCIÓN VEGETACIÓN NATURAL	TODOS	TIERRAS CON CARACTERÍSTICAS FUERA DE LOS LÍMITES SEÑALADOS PARA LOS GRUPOS SUPERIORES												

ZONA DE VIDA: BOSQUE MUY HÚMEDO MONTANO BAJO TROPICAL - BOSQUE MUY HÚMEDO MONTANO BAJO SUBTROPICAL (ASOCIACIÓN CLIMÁTICA)												C L A V E 15		
A = 24 TONELADAS /HA / AÑO , CUANDO LA PROFUNDIDAD DEL SUELO = 70 CMS. Y R = 1000														
CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LA TIERRA	SISTEMA DE MANEJO AGRO-TECNOLÓGICO	PENDIENTE EN %		MICRO-RRELIEVE	PROFUND. EFECTIVA	TEXTURAS	PEDREGOSIDAD	DRENAJE NATURAL	FERTILIDAD NATURAL	PH	EROSIÓN SUFRIDA	SALINID.	PELIGRO DE ANEGAM.	Observaciones
		LONGITUD DE LA PENDIENTE												
		Cortas	Largas											
A CULTIVO EN LIMPIO	M, A, T	0 - 1	0 - 1	1	100	L, M	0	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1		0 - 1	Avenamiento deseable
	M, A, T	0 - 2	0 - 1	1 - 2	70	L, M, P	0	A, B, C	1 - 2	6 - 8	0 - 1		0 - 1	Avenamiento necesario
	A, T	0 - 2	0 - 1	1 - 2	35	L, M, P	0 - 1	A, B, C	1	6,5 - 7,5	0 - 1		0 - 1	Avenamiento necesario
	M, A	1 - 6	1 - 3	1 - 2	70	L, M, P	0	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1			
	M, A	6 - 12	3 - 6	1 - 2	100	L, M	0	A, B	1 - 2	6 - 8	0 - 1			
	A	12 - 18	6 - 12	1 - 2	100	L	0 - 1	A, B	1 - 2	6 - 8	0 - 1			
C CULTIVOS PERMANENTES	M, A, T	0 - 12	0 - 10	1 - 2	70	L, M, P	0 - 1	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1		0 - 1	Pocas especies adaptadas, forestales y pasto de corte
	A, T	12 - 18	0 - 10	1 - 2	70	L, M, P	0 - 2	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1		0 - 1	
	A	18 - 47	10 - 33	1 - 2	70	L, M	0 - 2	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1			
	A	47 - 75	33 - 55	1 - 2	100	L	0 - 1	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0			
P PASTOREO	A, T	0 - 1	0 - 1	1 - 3	35	L, M, P	0 - 3	A, B, C	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1		0 - 1	Avenamiento deseable
	M, A, T	0 - 5	0 - 3	1 - 2	70	L, M, P	0 - 1	A, B, C	1 - 4	5 - 9	0 - 1		0 - 1	Avenamiento deseable
	M, A	5 - 10	3 - 6	1 - 2	70	L, M, P	0 - 1	A, B, C	1 - 4	5 - 9	0 - 1			
	A	10 - 18	6 - 12	1 - 3	100	L, M	0 - 3	A, B	1 - 4	5 - 9	0 - 1			
	A	18 - 28	12 - 18	1 - 3	100	L	0 - 3	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1			
B BOSQUES DE PRODUCCIÓN	A, T	0 - 1	0 - 1	1 - 4	50	TODAS	0 - 3	A, B, C, D	1 - 5	>4	0 - 1		0 - 2	
	M, A, T	1 - 50	1 - 30	1 - 3	50	TODAS	0 - 3	A, B, C	1 - 5	>4	0 - 1			
	A, T	50 - 75	30 - 50	1 - 3	70	TODAS	0 - 3	A, B, C	1 - 5	>4	0 - 1			
	A	75 - 100	50 - 75	1 - 3	100	TODAS	0 - 2	A, B	1 - 4	5 - 9	0			
X PROTECCIÓN VEGETACIÓN NATURAL	TODOS	TIERRAS CON CARACTERÍSTICAS FUERA DE LOS LÍMITES SEÑALADOS PARA LOS GRUPOS SUPERIORES												

ZONA DE VIDA: BOSQUE PLUVIAL MONTANO TROPICAL - BOSQUE PLUVIAL MONTANO SUBTROPICAL (ASOCIACIÓN CLIMÁTICA) CLAVE 17														
A = 10 TONELADAS /HA / AÑO , CUANDO LA PROFUNDIDAD DEL SUELO = 30 CMS. Y R = 700														
CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LA TIERRA	SISTEMA DE MANEJO AGROTECNOLÓGICO	PENDIENTE EN %		MICRO-RELIEVE	PROFUND. EFECTIVA	TEXTURAS	PEDREGOSIDAD	DRENAJE NATURAL	FERTILIDAD NATURAL	PH	EROSIÓN SUFRIDA	SALINIDAD	PELIGRO DE ANEGAM.	OBSERVACIONES
		LONGITUD DE LA PENDIENTE												
		CORTAS	LARGAS											
A CULTIVO EN LIMPIO	A, T	0 - 1	0 - 1	1	60	L, M	0 - 1	A, B	1 - 2	6 - 8	0		0 - 1	Pocas especies adaptadas, no recomendable cultivos limpios
	A	1 - 7	1 - 3	1 - 2	30	L, M	0 - 1	A, B	1 - 2	6 - 8	0			Pocas especies adaptadas, no recomendable cultivos limpios
	A	7 - 22	3 - 14	1	90	L	0 - 1	A	1 - 2	6 - 8	0			Pocas especies adaptadas, no recomendable cultivos limpios
P PASTOREO	A, T	0 - 1	0 - 1	1 - 2	60	L, M	0 - 3	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1		0 - 1	Avenamiento necesario. Uso en pastoreo sólo si son áreas muy grandes
	A, T	1 - 12	1 - 7	1 - 3	90	L, M	0 - 3	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1			Avenamiento necesario. Uso en pastoreo sólo si son áreas muy grandes
	A	1 - 22	1 - 14	1 - 2	60	L, M	0 - 2	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1			Avenamiento necesario. Uso en pastoreo sólo si son áreas muy grandes
	A	22 - 33	14 - 22	1 - 2	90	L	0 - 2	A	1 - 2	6 - 8	0			Avenamiento necesario. Uso en pastoreo sólo si son áreas muy grandes
B BOSQUES DE PRODUCCIÓN	A, T	0 - 1	0 - 1	1 - 3	60	TODAS	0 - 3	A, B, C	1 - 4	5 - 9	0 - 1		0 - 1	Producción muy extensiva de leña, carbón y vigas
	A, T	1 - 30	1 - 15	1 - 3	60	TODAS	0 - 3	A, B, C	1 - 4	5 - 9	0 - 1			
	A	30 - 50	15 - 30	1 - 2	90	L, M, P	0 - 2	A, B	1 - 3	5,5 - 8,5	0 - 1			
X PROTECCIÓN VEGETACIÓN NATURAL	TODOS	TIERRAS CON CARACTERÍSTICAS FUERA DE LOS LÍMITES SEÑALADOS PARA LOS GRUPOS SUPERIORES (Con muy pocas excepciones, las tierras de esta zona de vida debe destinarse exclusivamente a la protección de cuencas)												

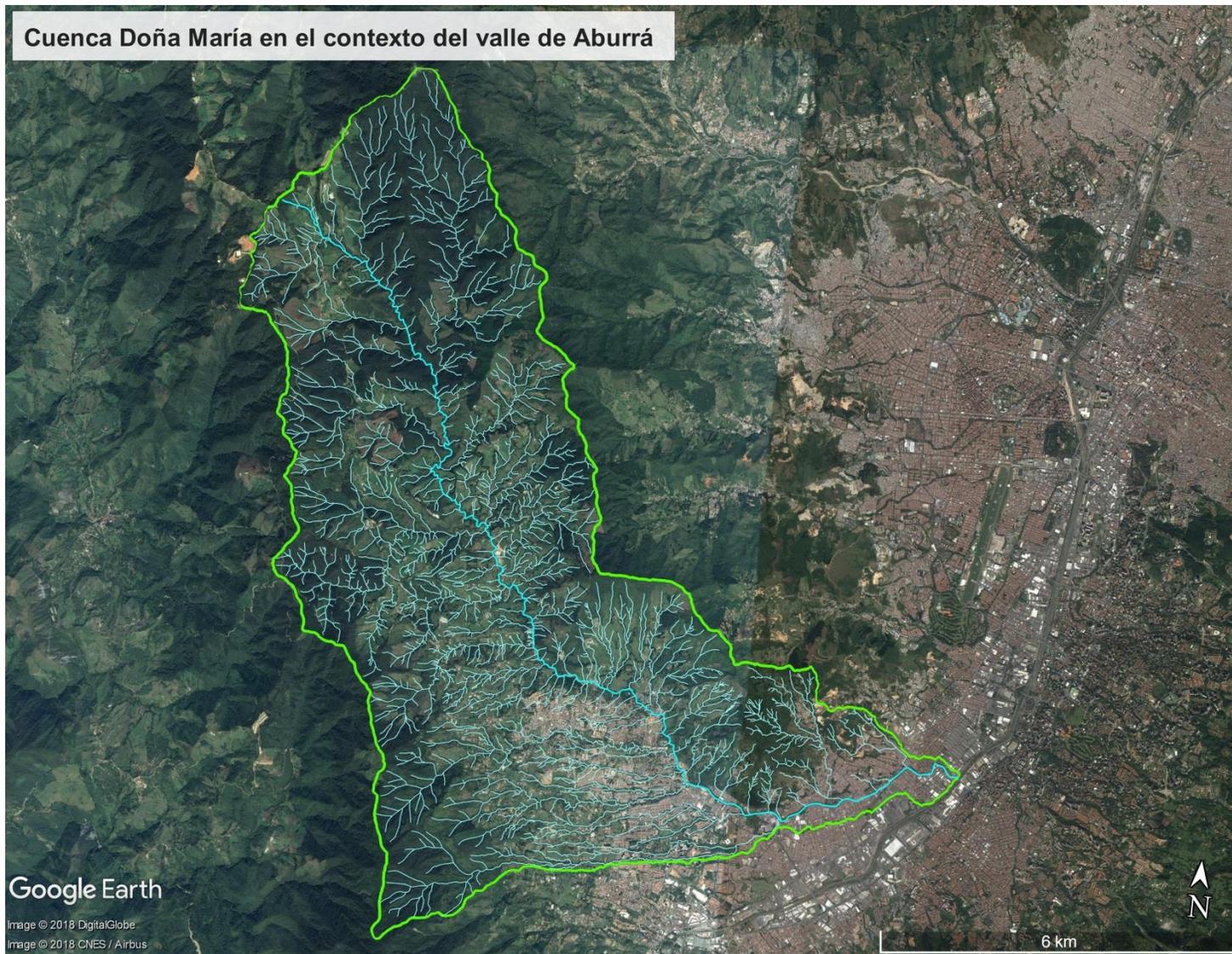
Anexo 2. Fotografías satelitales de la cuenca y su contexto



A 2-1. Subcuenca de la Doña María en el contexto de la cuenca del río Aburrá (basado en Google Earth)



A 2-2. Subcuenca de la Doña María en el contexto del valle de Aburrá (basado en Google Earth)



A 2-3. Subcuenca de la Doña María en el contexto del valle de Aburrá, con red hídrica iluminada (basado en Google Earth).



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA
VIGILADA MINEDUCACIÓN



La Facultad de Ciencias Y Tecnologías de la Vicerrectoría de Universidad Abierta y a Distancia y los programas de Administración Ambiental y de los Recursos Naturales, la Especialización en Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, y la Maestría en Gestión de Cuencas Hidrográficas.

Certifican que:

Carlos Mario Uribe García

Recibió reconocimiento como MEJOR TRABAJO DE GRADO DE ESPECIALIZACIÓN EN ORDENAMIENTO Y GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS en el marco del:

**XII ENCUENTRO Y I SEMINARIO INTERNACIONAL AMBIENTAL
“BIOPROSPECCIÓN, UNA OPCIÓN PARA EL MANEJO SOSTENIBLE
DE LOS RECURSOS NATURALES”**

Realizado en la ciudad de Bogotá, D.C., los días 08 y 09 de junio de 2018.

Con una intensidad horaria de doce (12) horas.

Se expide en la ciudad de Bogotá D.C., a los 09 días del mes de junio de 2018.

FRAY JAVIER ANTONIO CASTELLANOS O.P.

Vicerrector General de Universidad Abierta y a Distancia

LIGIA LUGO VARGAS

Coordinadora del programa Administración Ambiental y de los Recursos Naturales