



Biota Colombiana

ISSN: 0124-5376

biotacol@humboldt.org.co

Instituto de Investigación de Recursos
Biológicos "Alexander von Humboldt"
Colombia

Suárez-Parra, Karen V.; Cély-Reyes, Germán E.; Forero-Ulloa, Fabio E.
Validación de la metodología Corine Land Cover (CLC) para determinación espacio-
temporal de coberturas: caso microcuenca de la quebrada Mecha (Cómbita, Boyacá),
Colombia

Biota Colombiana, vol. 17, núm. 1, enero-junio, 2016, pp. 1-15
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt"
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49148412001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Validación de la metodología Corine Land Cover (CLC) para determinación espacio-temporal de coberturas: caso microcuenca de la quebrada Mecha (Cómbita, Boyacá), Colombia

Corine Land Cover (CLC) methodology validation for the space temporary coverage determination: Mecha creek case (Cómbita, Boyacá), Colombia

Karen V. Suárez-Parra, Germán E. Cély-Reyes y Fabio E. Forero-Ulloa

Resumen

La metodología Corine Land Cover, es una metodología francesa adaptada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) para Colombia; consiste en la evaluación de coberturas de la tierra mediante el uso de imágenes satelitales tipo Landsat. En esta investigación, se realizó la evaluación espacio temporal de coberturas de la microcuenca quebrada Mecha, cuenca del río La Vega, mediante el uso de imágenes Landsat 8, de los años 2014 y 2015, las cuales fueron ortorrectificadas, combinadas por el Software Erdas, cortadas según las firmas espectrales de las bandas seleccionadas en el programa ArcGis 10.0, y ajustadas con imágenes de Google Earth Pro, configurándose bajo el uso de la leyenda nacional de coberturas a escala 1: 100.000 propuesta por el Ideam. Se observó, que la vegetación de páramo está altamente fragmentada, con tendencia a la total desaparición, por el aumento de las áreas de cultivos y explotaciones mineras, deteriorando significativamente la capacidad hídrica de la quebrada que surte el acueducto del municipio de Oicatá. Se concluye que esta metodología se convierte en una herramienta altamente confiable para la determinación de cambios espaciotemporales de coberturas con el fin de ser la base para la toma de decisiones de protección y conservación.

Palabras clave. Cuenca del río Chicamocha. Georreferenciación. Sistema de información geográfica. Tendencia espacial.

Abstract

The Corine Land Cover methodology, is a french methodology adapted by the Agustin Codazzi Geography Institute (Igac) and the Hidrology, Meteorology and Enviromental Studies (Ideam) for Colombia and it is the assessment of land cover using Landsat satellite images. In this research, the space-temporary assessment of the watershed coverage of the Mecha creek in the Chicamocha river basin was done using Landsat 8 images, between 2014 and 2015, wich were orthorectified, combined using Erdas Software. These were also cut according to the spectral signatures of the selected bands in the ArcGis 10.0 program, and adjusted with images of Google Earth Pro and configured with the use of the National legend coverages at 1:100.000 proposed by Ideam. It was also observed that the páramo vegetation is highly fragmented, with a tendency to completely disappear, because of increasing agricultural areas and mining operations; significantly deteriorating the wáter capacity of the creek that supplies the aqueduct of the Municipality of Oicatá. It is concluded that this methodology becomes a hifhly reliable tool for determining spatio-temporal coverage changes in order to be the basis for the decisión-making related coverage in order to protection and conservation.

Key words. Chicamocha river basin. Georreferency. Geographic system information. Spatial tendency.

Introducción

La metodología Corine Land Cover (CLC) nació en Europa el 27 de junio de 1985, con el inicio del programa CORINE, “Coordinación de información de medio ambiente”, que es un proyecto de tipo experimental para recopilar, coordinar y homogeneizar la información del estado del medioambiente y los recursos naturales (Valencia y Anaya 2009), con el objetivo fundamental de recolectar datos de tipo numérico y geográfico para crear una base a escala 1:100.000 sobre el tipo de vegetación o cobertura a través de la interpretación de imágenes satelitales tipo Land Sat y Spot (Minambiente y Parques Nacionales Naturales s.f.). El requisito básico para implementar el programa es la existencia de cambios espectrales, que son detectados mediante el uso de sensores remotos; estos cambios son visiblemente percibidos en la comparación de dos imágenes tomadas en diferentes periodos de tiempo, y los resultados se presentan en forma de polígonos, líneas o puntos (Feranec *et al.* 2007). Estos resultados toman alta importancia científica, ambiental y política como base para el ordenamiento territorial, orientado a la toma de decisiones, la formulación de políticas de protección y conservación de los recursos naturales (Alva y León 2014).

La metodología CLC, que ha sido adaptada en toda Europa, llegó a Colombia y fue modificada y ajustada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Igac), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) y Cormagdalena, asesorados por expertos del Instituto Geográfico Nacional de Francia (IGNF). Estas entidades desarrollaron un proyecto piloto para la estandarización del sistema de clasificación y elaboraron la *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000* (Igac 2008); esta leyenda proporciona las características temáticas que el país requiere para el conocimiento de sus recursos naturales, para la evaluación de las formas de ocupación y la apropiación del espacio geográfico, así como la actualización de la información de la dinámica de las coberturas terrestres (Ideam 2010).

La Leyenda está construida en forma jerárquica e incluye los territorios artificializados, los territorios agrícolas, los bosques y las áreas seminaturales, las áreas húmedas y las superficies de agua. La clasificación jerárquica de las coberturas ofrece mayor consistencia debido a su habilidad de acomodar diferentes niveles de información, comenzando con clases generalizadas, y en cada nivel se comporta de forma excluyente, pues es necesaria la identificación puntual del tipo de vegetación que se requiere clasificar (Di Gregorio 2005).

Para tener claridad en los conceptos, el Igac (2013) define la cobertura del suelo como el aspecto morfológico y tangible de este, que comprende todos los elementos constitutivos del recubrimiento de la superficie terrestre, de origen natural o cultural, los cuales son observados y permiten ser medidos, con fotografías aéreas, imágenes de satélite u otros sensores remotos. Este concepto se relaciona íntimamente con lo que se conoce como uso de la tierra, que hace referencia a las funciones que se desarrollan sobre aquellas cubiertas, a las actividades realizadas por el hombre sobre ellas, de forma parcial o permanente, con la intención de cambiarlas o preservarlas, para obtener productos y beneficios; por ejemplo, la minería, la agricultura, la pesca, etc.; así, en este vínculo radica la importancia de la correcta realización de esta metodología.

Como se ha notado, la escala 1:100.000, en la cual fue elaborada la metodología CLC, es una escala amplia, de tipo general, poco detallada, en la cual la información recopilada es bastante amplia y no permite convertirse en una base altamente confiable para la toma de decisiones de ordenamiento territorial o manejo de cuentas hidrográficas, lo cual sí es posible con el uso de cartografía e información recopilada a escalas 1:25000. La escala semidetallada corresponde a levantamientos realizados para generar información para proyectos de prefactibilidad para riego, drenaje, zonificación biofísica, planificación y ordenamiento del territorio a nivel municipal, con fines de planificación de ordenamiento territorial orientados a la nutrición de los Esquemas y Planes de Ordenamiento Territorial (Igac 2012).

En el año 2007, Parques Nacionales Naturales aplicó la metodología CLC, con la modificación de trabajo en escala semidetallada (1:25.000), para realizar mapas de coberturas de cuatro parques naturales del país, convirtiéndose entonces en el primer acercamiento al manejo de la metodología en escalas detalladas (Latorre y Corredor 2012); esto le permitió probar la validez de esta metodología en áreas altamente potenciales por su valor ambiental, contribuyendo de esta forma a la corrección de la adaptación propuesta en el 2010.

Según Corpocesar (2011), la metodología CLC escala 1:100.000 es la base fundamental para la ampliación de la información a la escala 1:25.000, permitiendo el aumento de la calidad de la información en áreas de hasta 6.25 ha, considerada esta la unidad mínima de muestreo en la escala semi-detallada, y con la cual se pueden comparar estadísticamente, con mayor confiabilidad, la homogeneidad y el cambio temporal de coberturas.

En la presente investigación se analizó la variabilidad de las coberturas vegetales de la microcuenca quebrada Mecha, mediante el uso de dos imágenes satelitales, correspondientes a junio de 2014 y febrero de 2015. El estudio hace parte del proyecto “Validación y ajuste de la metodología de delimitación de páramos, caso microcuenca quebrada Mecha, Cómbita-Boyacá”, desarrollado por el Grupo de Investigación en Desarrollo y Producción Agrícola Sostenible (Gipso), adscrito al programa de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. El objetivo principal es el reconocimiento del estado actual del área de páramo y demás áreas de la microcuenca, con el fin de generar una base científica para la toma de decisiones y la elaboración de planes de manejo y reconstrucción del tejido ambiental y demás aspectos que la comunidad considere pertinente.

Área de estudio

El área de estudio pertenece a la cuenca alta del río Chicamocha, componente de la hoya del río Magdalena. Los municipios de Motavita, Cómbita y Oicatá son regados por el río Chicamocha, conocido

popularmente en la región como el río Chulo, siendo afluentes de este las quebradas Cebolla, Aguablanca, Cómbita, Rosa Grande y Mecha; de esta última, el municipio de Oicatá abastece el acueducto que surte el centro del municipio (EOT OICATÁ 1999). La microcuenca nace en el municipio de Motavita, a los 3300 m s.n.m. a esa altura, se consideraría que la vegetación natural es de tipo bosque alto andino, sin embargo, se estima que en Colombia perduran menos del 10 % de los bosques andinos originales y menos del 5 % de los bosques alto andinos originales, los cuales se encuentran principalmente restringidos a fragmentos de diversos tamaños y grados de aislamiento (Alvear *et al.* 2010).

La microcuenca quebrada Mecha se encuentra ubicada en jurisdicción de los municipios de Motavita (vereda Salvial), Cómbita (vereda San Onofre) y Oicatá (vereda Poravita), y corresponde a la cuenca del río Chicamocha; cuenta con un área de 1102.52 ha y su sostenimiento pertenece al municipio de Cómbita, porque tiene el mayor territorio de ella. Los límites oficiales de la microcuenca se tomaron según la cartografía proporcionada por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC).

En la figura 1 se muestra la localización de la microcuenca en el departamento de Boyacá. Figura a escala 1:100 000.

Material y métodos

La investigación se basó en los lineamientos propuestos por la metodología Corine Land Cover, en varias etapas:

1. Adquisición y preparación de imágenes satelitales tipo LADSAT 8 de los años 2014 y 2015, mediante el uso del sistema de información geográfica ArcGis 10.0. Estas fueron seleccionadas con características de poca nubosidad, fecha de captura conocida y que guardaran una distancia temporal mínima de seis meses entre ellas. El procesamiento digital de las imágenes (combinación de bandas, mejoramientos espectrales, corte, proyección) se realizó con el software ERDAS.

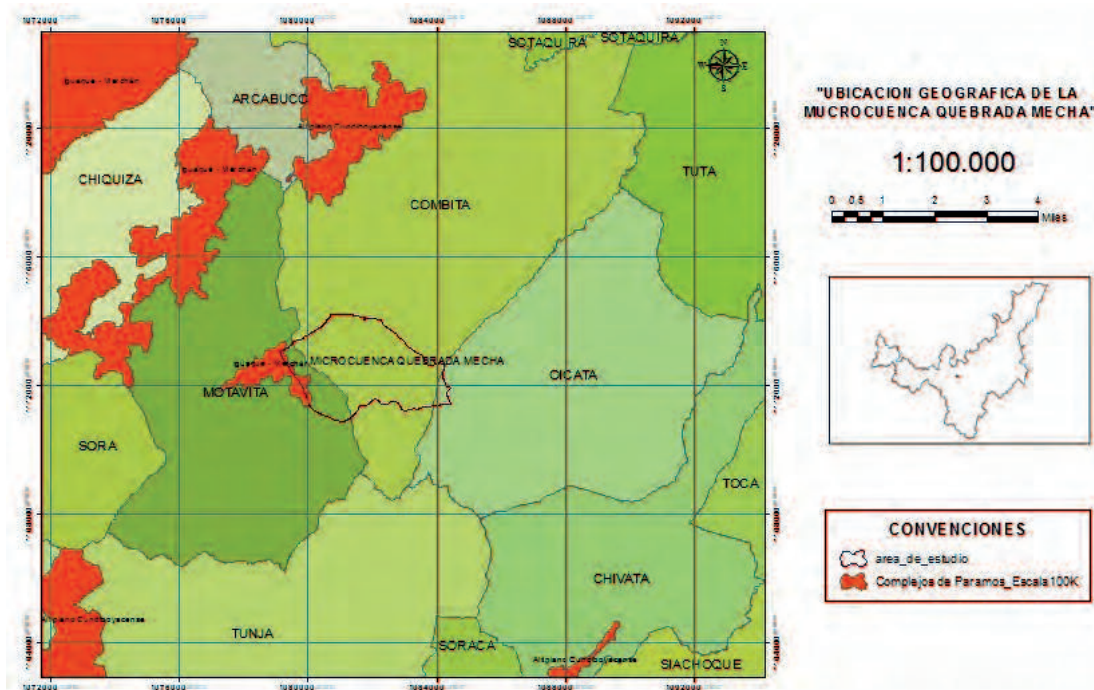


Figura 1. Ubicación de la microcuenca quebrada Mecha.

- Las imágenes LandSat 8+ETM son un sistema compuesto de una plataforma de captura de información de dos sensores de observación terrestre: uno denominado Operational Land Imager (OLI) y otro el sensor térmico infrarrojo Thermal Infrared Sensor (TIRS), que recopilan la información de la superficie terrestre y permiten la entrega de ella bajo un sistema de coordenadas definido (Igac 2013).
2. Los cortes de las imágenes de satélite fueron realizados según el mosaico de color que ofrecía la imagen, conformando así los polígonos que posteriormente fueron clasificados según la nomenclatura dada por la *Leyenda nacional de coberturas de la tierra*.
 3. La interpretación de las imágenes satelitales se apoyó en el uso de cartografía básica a escala 1:100.000 en formato digital de fuente Igac, SIAT y UPTC; además de imágenes provenientes de Google Earth 2014 y 2015, con el objetivo de confirmar lo observado en las imágenes satelitales descargadas de la USGS.
 4. Ortorrectificación. Para la ortorrectificación de las imágenes se tomaron puntos de control de terreno, los cuales son puntos fotoidentificables en las imágenes y cuya posición absoluta es conocida, tales como carreteras y construcciones; estos puntos sirvieron de guías para evaluar la georreferenciación de la imagen.
 5. Fotointerpretación. Para una mejor fotointerpretación, se realizaron visitas a campo, donde se tomaron fotografías de las diferentes coberturas y usos del suelo; con esta información se correlacionó el uso del suelo con las texturas observadas en las imágenes de Google Earth, para posteriormente interpretar y analizar lo observado en las imágenes Landsat y, de esta manera, vectorizar y delimitar las diferentes unidades de cobertura de suelo.
 6. Posteriormente, se realizó la clasificación de las coberturas con la *Leyenda nacional*, para la elaboración del mapa de coberturas de la tierra de Colombia, escala 1:100.000, según la metodología Corine Land Cover adaptada para el país. Esta metodología tiene como propósito

realizar el inventario homogéneo de la cubierta biofísica (cobertura) de la superficie de la Tierra a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador y generar una base de datos geográfica.

La *Leyenda* brinda la directriz fundamental para realizar mapas de coberturas de la Tierra, y se puede adaptar a escalas regionales; presenta un catálogo de coberturas de tierra, que es una herramienta básica que permite a intérpretes y a otros usuarios orientarse sobre las características

fundamentales de las diferentes clases de coberturas que conforman la Leyenda validada para Colombia. El resumen de la metodología aplicada se muestra en la figura 2.

Resultados y discusión

Las coberturas se describen en la tabla 1 y las figuras 3 y 4. Destaca la cobertura de “mosaico de cultivos”, que ocupa el 70,83 % del área evaluada; seguida de “mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales” (Figura 5a), con un porcentaje de ocupación del 9,97 %,

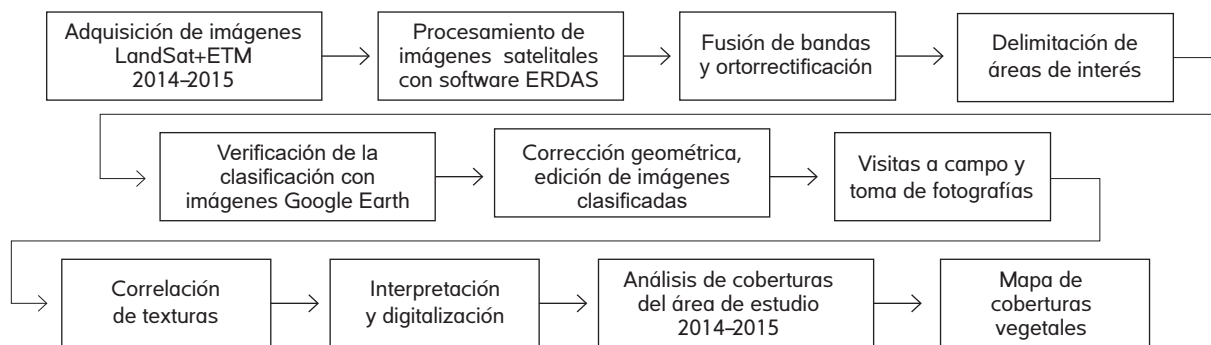


Figura 2. Resumen metodología Corine Land Cover utilizada para la investigación. Fuente: modificado de López (2010).

Tabla 1. Coberturas identificadas y áreas de ocupación en hectáreas y porcentaje de la microcuenca quebrada Mecha, años 2014 y 2015.

COBERTURA	2014		2015	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Tejido urbano discontinuo	7,02046	0,63669	5,96023	0,540537
Zonas industriales	3,73733	0,338941	4,30927	0,39081
Red vial, ferroviaria y otros	26,59556	2,411968	28,09831	2,548253
Zona de extracción minera	13,84329	1,255456	20,31621	1,842489
Papa	2,22385	0,201682	3,6686	0,332708
Mosaico de cultivos	785,532	71,240376	776,6752	70,43715
Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	116,962713	10,607423	131,9852	11,96982
Bosque fragmentado	15,86176	1,438513	32,82263	2,976704
Bosque fragmentado con pastos	21,79534	1,976633	7,6881	0,697238
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	106,2041	9,631715	83,59033	7,580858
Cuerpos de agua artificiales	2,87353	0,260602	6,40716	0,581069
Cebada	0	0	1,12877	0,102369
TOTAL	1102,65	100	1102,65	100

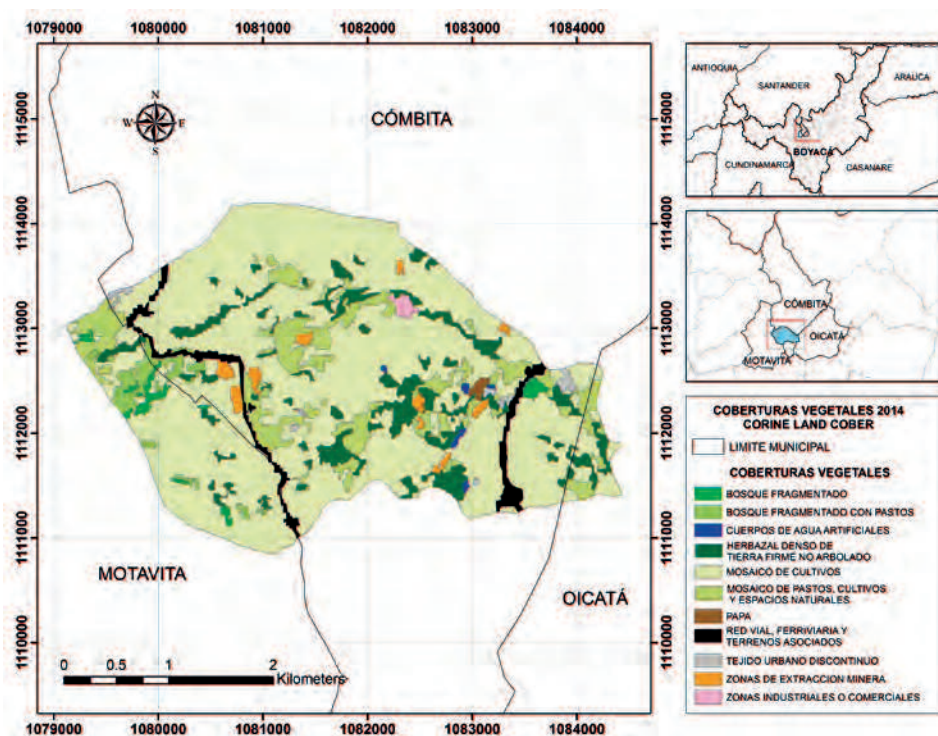


Figura 3. Coberturas vegetales de la microcuenca quebrada Mecha, año 2014. Fuente: autores.

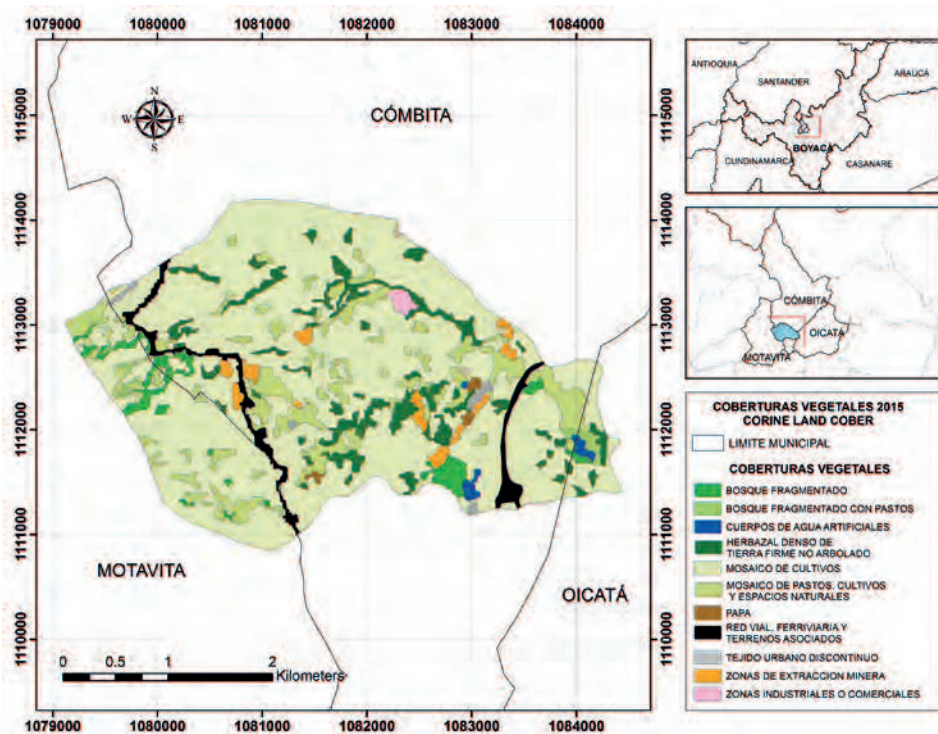


Figura 4. Coberturas vegetales de la microcuenca quebrada Mecha, año 2015. Fuente: autores.

y de “herbazal denso de tierra firme no arbolado” (Figura 5b), con un porcentaje de ocupación de 9,63 %. Las demás coberturas, correspondientes al 9,57 % restante del área, corresponden a bosques fragmentados con pastos, zonas viales y explotaciones mineras, que se encuentran en el municipio de Cómbita, por encima de los 3000 m s.n.m.

Por otro lado, se observan las coberturas para el año 2015 (Figura 4), en donde sobresalen el “mosaico de cultivos”, “mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales” y “herbazal denso de tierra firme no arbolado”, con porcentajes de 70,43 %, 11,96 % y 7,58 %, respectivamente. Se nota un aumento en la segunda, debido a la apertura de áreas para pastos, generando la fractura de la vegetación arbustiva, que lleva a la disminución del herbazal, considerado típico de áreas estratégicas de páramo.

Las distintas coberturas de bosque fragmentado y herbazal denso de tierra firme no arbolado han tenido un descenso significativo debido, principalmente, a que en los municipios del centro del departamento de Boyacá, en los cuales se encuentra ubicada la microcuenca, tradicionalmente se ha realizado tala indiscriminada de vegetación natural con el fin de ampliar el área disponible para cultivos y ganadería, que generalmente son poco intensivos y se reconocen como de subsistencia. Desde la mitad del siglo XX, la pérdida de material vegetal en la zona ha alcanzado cantidades alarmantes; el área superior a los 2800 m s. n.m. contaba con gran cantidad de unidades de

frailejón, que poco a poco fueron desapareciendo, debido al inicio de las explotaciones de areniscas que se venden como material de construcción; para Cleef (2013), estas actividades son consideradas los principales elementos de mayor transformación del ecosistema.

La tala de material vegetal de páramo no solo se realizaba con el fin de lograr expandir la frontera agrícola; además, la planta por excelencia de las áreas de páramo, el frailejón, se cortaba a mediados del mes de junio con el fin de que, por su alta materia seca, sirviera como material combustible para las tradicionales fogatas en las festividades del 7 de diciembre. Estas y demás actividades agrícolas, pecuarias y mineras han llevado a la pérdida de chuscales, frailejones, alisos, romasillos y de gran variedad de musgos, así como a la migración de animales exóticos, como osos de anteojos y cervatillos, que aún recuerdan algunos de los habitantes; es la consecuencia de lo que Cleef (2013) denomina “apertura del páramo en minifundios”.

Coberturas tales como las de extracción minera y red vial han aumentado en 6 ha, debido a la explotación del material que, como anteriormente se mencionó, se destina a para la gran cantidad de construcciones que actualmente se vienen desarrollando en la capital del departamento, y que por su cercanía a la capital no tiene un costo elevado. El aumento de la red vial se ha dado por la repavimentación y ampliación de la carretera que comunica a Tunja con Bucaramanga,

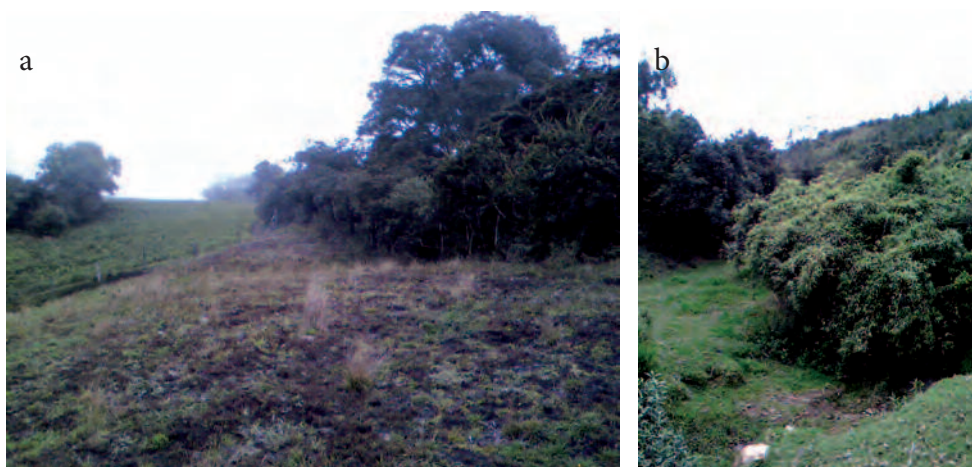


Figura 5. a) Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales. Microcuenca quebrada Mecha.
b) Herbazal denso de tierra firme no arbolado. Microcuenca quebrada Mecha.

lo cual ha generado, también, la disminución del tejido urbano discontinuo, concentrándolo en construcciones generalmente habitacionales.

Con la destrucción del material vegetal en las partes altas de la microcuenca se ha generado una disminución en la cantidad de agua de escurrimiento hacia las partes más bajas, lo que ha motivado la apertura de pozos profundos y de represas, con el fin de captar agua para subsistencia, regadío de cultivos y como bebederos para animales. Es de anotar que, desde hace unos años, los habitantes del sector han enfrentado las diferentes situaciones adversas que ha traído esa pérdida de material vegetal de páramo; las campañas constantes de concientización, la disminución o, en ciertas temporadas, la pérdida total del caudal de la quebrada Mecha y de otras quebradas que surten los acueductos vecinales, han generado un cambio de conciencia en las personas, que ahora le apuestan a la conservación y recuperación del páramo.

El aumento del bosque fragmentado se debe, principalmente, a las labores de reforestación que ha venido adelantando el acueducto veredal de San Onofre, del municipio de Cómbita, ante las diferentes situaciones de escasez hídrica que se presenta principalmente en los primeros meses del año. Con la colaboración de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá, de la comunidad afectada, de los usuarios y vecinos de sector, se han realizado las gestiones necesarias para la arborización del área de bosque de la microcuenca.

Las condiciones en las que actualmente se encuentra la microcuenca concuerdan con lo expresado por Vargas (2013), quien afirma que los ecosistemas sometidos a fuerte influencia humana, con regímenes de disturbios naturales y antrópicos actuantes en diferentes tipos de condiciones, ya sean topográficas, altitudinales, hídricas, nutricionales, de flora y fauna, generan lo que comúnmente se conoce como páramos antrópicos, resultado del proceso de paramización, que es definido como el cambio de uso de los ambientes de páramo por usos agrícolas, ganaderos, mineros y de servicios ambientales.

Comúnmente, se denomina páramo el ecosistema tropical ubicado a partir de los 3000 m s.n.m.;

recibe la luz solar todo el año, con una altísima cantidad y calidad de rayos solares, que permiten el desarrollo de una vegetación específica; además, son lugares estratégicos para la regulación hídrica, dada la ubicación y baja temperatura, al disminuir la evapotranspiración y retención de agua por la vegetación (Ortiz y Reyes 2009). Sin embargo, muchos autores afirman que la definición técnica de páramo es de alta complejidad, puesto que la definición debe abarcar no solo las funciones ecológicas, sino económicas, políticas y sociales; por esta razón, muchos autores proponen un concepto que se ajuste a cada una de las necesidades tal como lo realizó Hofstede (2002, citado por Sarmiento *et al.* 2013), quien lo define como “un ecosistema, un bioma, un paisaje, un área geográfica, una zona de vida, un espacio de producción, un símbolo, inclusive un estado de clima”.

El Código de Recursos Naturales y de Medio Ambiente, en la resolución 0769 de 2002, artículo 2, define el páramo como: “Ecosistema de alta montaña, ubicado entre el límite superior del bosque andino y, si se da el caso, con el límite inferior de los glaciares o nieves perpetuas, en el cual domina una vegetación herbácea y de pajonales, frecuentemente frailejones y pueden haber formaciones de bosques bajos y arbustivos y presentar humedales como los ríos, quebradas, arroyos, turberas, pantanos, lagos y lagunas [...] Los límites altitudinales varían entre las cordilleras debido a factores orográficos y climáticos locales. La intervención antrópica también ha sido un factor, de alteración en la distribución altitudinal del páramo, por lo cual se incluyen en esta definición los páramos alterados por el hombre”.

Para Morales y Estévez (2006), la frontera de páramo, dependiendo de las condiciones físicas, geológicas y sociales, se modifica de acuerdo con el grado de intensidad y frecuencia en la cual se presenta intervención antrópica, lo que dificulta la determinación del límite ecológico, por el establecimiento de cultivos agrícolas y la correspondiente pérdida del bosque Alto Andino. La ruptura del área de páramo con la acción minera de areniscas, en el caso de la quebrada Mecha, ha generado grandes daños ambientales, similares a los que se reportan en el páramo de Rabanal, que

ha tenido intervención por minería de carbón, la cual ha generado la pérdida de altísima cantidad de individuos de especies tipo pajonales y frailejones; las explotaciones mineras y la creación del espacio vial para el transporte de maquinaria para tal fin generan grandes limitaciones para el desarrollo natural de ciclos biológicos, que llevan a una extinción de fauna y flora natural. Para los departamentos de Boyacá y Cundinamarca se define como principal actividad de intervención y destrucción del páramo el cultivo de papa, eso sin mencionar los problemas erosivos en el suelo, como lo son los deslizamientos en masa, y la pérdida de la calidad del agua (PGN 2008).

Según Mojica y Nariño (2013), Cómbita hace parte del área carbonífera del corredor Tunja-Paipa-Duitama, donde el sinclinal Tunja-Paipa, con dirección suroeste-noreste, está asociado a una estructura geomorfológica tipo anticlinal y sinclinal, la cual está dividida en tres cuerpos o miembros: de base Inferior (110 m), Medio (210 m) y Superior (210 m). El miembro Medio contiene los carbones y está comprendido desde el manto pequeño hasta un banco de arenisca de grano medio, con un espesor de 30 m, que aflora en la mayor parte del área y que sirve como nivel guía; la unidad está compuesta por arcillolitas grises, intercaladas con areniscas de grano fino y hasta nueve mantos de carbón. El potencial del área es de 292 668 623 t, que comprende los recursos tipo carbón y arenisca.

Las condiciones de la microcuenca concuerdan con las expuestas por el Igac, Cormagdalena y el Ideam, cuando en 2008 se realizó el mapa de coberturas de la cuenca del Magdalena (de la cual hace parte la microcuenca quebrada Mecha), donde se determinó la predominancia de la cobertura de territorios agrícolas, con el 58 %; seguida por áreas de bosque y áreas seminaturales, con el 28,71 % y 19,52 %, y las explotaciones mineras, en un área de 27 119 383 ha (Ideam *et al.* 2008).

Para el 2011, el Ideam reporta que el 13 % de los páramos del país está dedicado a algún tipo de actividad agropecuaria, alcanzando hasta 108.667 ha en pastos y 8264 ha en cultivos transitorios, registrándose mayor intensidad en los departamentos de Santander y Boyacá.

En el estudio de la cuenca del Magdalena también se determina la vegetación de páramo, que en todo el estudio fue evaluada a partir de los 3000 m s.n.m., ocupando el 9,01 % del total del territorio, correspondiente a más de 701.816 ha (Ideam *et al.* 2008). El departamento de Boyacá cuenta con cinco complejos de páramos que se encuentran bajo la protección y jurisdicción de Parques Nacionales Naturales, con 441.441 ha, el 60 % de las cuales cuentan con alto grado de susceptibilidad al deterioro, debido a las explotaciones mineras, mosaicos de cultivos y pérdida continua del bosque natural denso (Morales *et al.* 2007).

Sarmiento (2013) reconoce las fluctuaciones que han tenido las coberturas de páramos en el país en los años 1985, 2000 y 2005 con valores de 1 213 180, 1 104 852 y 1 130 388 hectáreas respectivamente, reflejan la tasa de transformación de los ecosistemas de páramo; el aumento de la vegetación de páramo en los años 2000 y 2005, cercano a las 24.000 ha, puede corresponder a las acciones de entidades como Parques Nacionales Naturales (PNN), con los planes de reforestación y restablecimiento de áreas de páramo, tal y como se aprecia en los resultados de esta investigación, debido principalmente a que el área correspondiente al municipio de Motavita, es una célula del complejo de páramos Iguaque-Merchán, que actualmente protege PNN.

La vegetación de páramo desarrolla características para amortiguar o reducir condiciones de estrés evidentes a las estructuras morfológicas de algunas plantas presentan, esto, más las condiciones extremas de temperatura, convierten los ecosistemas de páramo en hidrosistemas reguladores de escorrentía, considerados por muchos autores *fábricas de agua*, debido a su efecto esponja y de regulación hídrica. Las áreas de páramo, entre los 2800 y 3000 m s.n.m., tienen un alto potencial productivo; sus suelos favorecen el crecimiento de diversos cultivos andinos, debido a su alta capacidad de retención de agua y a su estructura granular y su porosidad fina, así como a la alta radiación solar y el fácil manejo, lo cual distorsiona el equilibrio natural y la capacidad de agua retenida por la pérdida de las especies arbustivas típicas de bosque seco andino (Mora-Osejo 1995, citado por Díaz-Granados *et al.* 2005).

Las partes altas de las cuencas hidrográficas, literalmente, no producen agua, pero sí tienen un alto poder de captación, regulación y distribución hídrica, lo que va disminuyendo a medida que baja en altura sobre el nivel del mar, modificándose la capacidad de infiltración y almacenamiento y hasta la fertilidad, convirtiéndose las partes bajas en áreas más degradadas y de menor calidad hidrológica. En este sentido, la cobertura del suelo es considerada un mecanismo de regulación, y si, adicionalmente, se lastima abruptamente con la explotación minera, como es el caso de las areniscas en el área de estudio, los suelos pierden drástica y aceleradamente las magníficas propiedades hídricas, acelerando el colapso de su estructura ecosistémica (Condesan 2012).

La mayoría de los suelos del bosque alto andino son derivados de cenizas volcánicas y tienen altísimas cantidades de materia orgánica, lo cual les permite almacenar hasta 500 litros de agua en los primeros 50 cm del perfil; pero esta cantidad disminuye considerablemente con la alteración de la cobertura y la destrucción de la materia orgánica por los procesos productivos agropecuarios, sin ninguna clase de retribución o reemplazo posterior, generando la disminución del agua para las plantas y, por ende, la evapotranspiración (Tobón 2009).

A pesar de que los bosques andinos se presenten en áreas sobre los 3000 m s.n.m., consideradas marginales, generalmente, por factores climáticos, su destrucción, por las actividades antrópicas realizadas, tienen como efecto un incremento considerable en la escorrentía superficial, que aumenta la cantidad de sedimentos que llegan a las corrientes de agua, disminuyendo sus caudales hasta el punto de que desaparezcan (Bonell 2005).

Muchos autores reportan que, en sentido general, se ha encontrado que en cuencas deforestadas los caudales son altos durante los eventos de precipitación, pero cuando el evento termina el caudal disminuye considerablemente, y en algunas cuencas desaparece después de cierto período de tiempo sin lluvia. Este efecto parece aumentar su intensidad en la medida en que aumenta igualmente el tamaño del área deforestada (Bruijzeel 2004).

Con la evaluación de los resultados de la metodología CLC se busca, principalmente, valorar la transformación espacial de las coberturas de la tierra, enfocados a calcular el grado de transformación de los ecosistemas estratégicos (Rebollo 2013). La aplicación de la metodología CLC permite, en general, comparar las coberturas mediante análisis estadísticos de la información de las imágenes satelitales y la verificación en campo en pro de la comunicación y el enlace de información satelital a nivel mundial (Igac 2008).

En un sentido estricto, la validación de la metodología CLC debe siempre tener como objetivo fundamental alimentar el banco de información de coberturas vegetales nacionales, el cual es integrado al sistema internacional de información ambiental, con el fin de enlazar y mantener una información verídica que pueda ser convalidada y plasmada a través de documentos internacionales que soporten los estados actuales de las zonas con alto potencial ecológico, económico y social del planeta (Catalá *et al.* 2008).

Así mismo, la información obtenida por la metodología debe ser estrictamente revisada para garantizar su calidad y validez, debido a que es de gran valor para el análisis e interpretación de los cambios ocurridos y a que, posiblemente, se convierta en base para la elaboración de planes estratégicos de manejo u ordenamiento del territorio (Mas y Fernández 2003, Pontius y Lippitt 2006).

Teniendo en cuenta lo anterior, y al ser considerada una etapa de vital importancia para verificar la confiabilidad de la metodología en la determinación de coberturas vegetales mediante el uso de imágenes satelitales, se realizó una visita de campo a diferentes puntos, elegidos según la cobertura determinada por CLC, en donde se observaron las coberturas descritas en la tabla 1 y las figuras 3 y 4.

El bosque denso, que es una de las coberturas de mayor interés, y que según CLC se encuentra en la parte alta de la microcuenca, se pudo observar en la visita de campo; la gran variedad de vegetación considerada de bosque alto andino (Figura 6) que se encontró es tan densa que dificulta el ingreso del personal para obtener información acerca de la vegetación interna



Figura 6. Fotografía del bosque denso encontrado en la visita de verificación de la metodología CLC, en la microcuenca quebrada Mecha.

de este ecosistema, como los musgos. En la figura 7 se puede observar cómo la actividad humana, tipo agrícola, ha intervenido el área del bosque alto andino, generalmente con la producción de papa.

Una de las etapas más importantes de la metodología es la verificación de la información; esta permitió ver la magnitud de las explotaciones mineras de areniscas, ubicadas en la parte alta de la microcuenca, por encima de los 3000 m s.n.m., según la oficina de planeación del municipio. Las explotaciones mineras han disminuido por diversas causas legales, pero han dejado sus huellas en el ecosistema, tal como se puede observar en la figura 8.

En la etapa de verificación se pudo concluir que el 98 % de las coberturas determinadas por CLC se presentaban en el momento de la visita de campo, especialmente, los cultivos que se describieron en la tabla 1. En la figura 9 se muestra el típico mosaico de cultivos, acompañado de herbazal denso de tierra firme no arbolado, característico de la zona de estudio, y parte de la red vial que comunica a Tunja con Bucaramanga; red que está descrita y



Figura 7. Área de bosque denso con disturbios por agricultura en la microcuenca quebrada Mecha.



Figura 8. Explotación minera de areniscas en la microcuenca quebrada Mecha, ubicada por encima de los 3000 m s.n.m.



Figura 9. Mosaico de cultivos, herbazal denso de tierra firme no arbolado y redes viales, pertenecientes a la microcuenca quebrada Mecha.

detectada por CLC. El 2 % restante de las coberturas encontradas en la visita de campo correspondieron a los cultivos de papa y cebada, de los cuales, al momento de la caracterización por CLC, no fue posible la identificación de su etapa fenológica, pues no se logró obtener un resultado visible en el punto de observación seleccionado, debido a que, en ese momento, las labores de cosecha de los productos ya se habían realizado y los lotes ya se encontraban en pastos para ganadería.

Lo descrito en este texto concuerda con lo planteado por Rebollo (2013), quien afirma que con la validación y aplicación de la metodología CLC se obtiene información fundamental para la determinación de cambios multitemporales, de forma veraz y oportuna, de la calidad ecológica de los páramos mediante el uso de imágenes satelitales, cuyo contenido ha de ser estrictamente cotejado con las condiciones naturales, mediante la etapa de campo, en donde se corrigen los datos, permitiendo así un refinamiento de la calidad de la información.

Muchos casos de aplicación de la CLC en diferentes áreas geográficas de Colombia han sido reportados; uno de ellos en el 2011, en el Parque Natural Los Flamencos, ubicado en el departamento de la Guajira, que utilizó imágenes satelitales del USGS para determinar las coberturas de los años 1987 y 2007; los investigadores tomaron de referencia material previamente trabajado en escalas generales 1:100.000, que permite tener un visión amplia de las condiciones del territorio; sin embargo, la escala general se ha convertido en una escala muy grande para determinar áreas específicas con el fin de tomar decisiones de tipo protector, productor o político (Corredor *et al.* 2011).

La importancia de la metodología CLC va más allá del uso de herramientas satelitales; la capacitación del personal que desarrolle este trabajo para el uso adecuado de bandas espectrales y la identificación de texturas, tonos, tamaños y patrones, entre otras características, convierten la CLC en una herramienta confiable, acercándose a un 85 % de confiabilidad, para que pueda cumplir con el objetivo principal de toma de decisiones (USAID Colombia 2012).

Actualmente, la CLC es una metodología casi obligatoria para el desarrollo de diversos proyectos y actividades de ordenamiento territorial; de hecho, instituciones como el Instituto Alexander von Humboldt la enlista dentro de las actividades obligatorias para la delimitación de páramos en Colombia, a pesar de manejarla en escala 1:100.000, debido a que la cartografía de páramos que ofrece este instituto se encuentra, principalmente, en esta escala (Cortez-Duque y Sarmiento 2013). El detalle de la cartografía ha sido uno de los esfuerzos que se han venido haciendo para que está tengan mayor utilidad, realizando, a partir de los parámetros de CLC a la escala original, una modificación o adaptación a escalas más detalladas, que han sido plasmados en los trabajos realizados por la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas), que aplicó la metodología con base en imágenes tipo Spot del año 2010; por la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder), con imágenes RapidEye a escala 1:25.000, para los años 2010 y 2011, y por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Igac), que en convenio con entidades regionales del departamento del Quindío presentó, para el 2011, el Mapa de coberturas del departamento del Quindío a escala 1:10.000, obtenido a partir de fotografías aéreas en color de alta resolución (USAID Colombia 2012).

Conclusiones

La microcuenca quebrada Mecha muestra una modificación en coberturas, siendo más significativa la disminución del área de bosque denso, con el aumento de los mosaicos de cultivos y áreas de pastoreo, lo cual ha contribuido a la desaparición abrupta de la vegetación típica de páramo.

La pérdida de bosque denso o bosque alto andino o vegetación de páramo tiene un efecto negativo y disminuye considerablemente las características hidrológicas de la microcuenca, dada la disminución en el poder de captación, regulación y distribución hídrica, que lleva a la disminución de los caudales de la quebrada que surte el acueducto del municipio de Oicatá, Boyacá.

A nivel general, la metodología sirve para definir los cambios de cobertura de la tierra, y refleja el

grado de alteración, vulnerabilidad y deterioro de las cualidades del territorio; se convierte así en una herramienta altamente confiable para la evaluación del uso del suelo, con el fin de tomar decisiones para el manejo y la conservación.

La metodología Corine Land Cover debe ajustarse para la evaluación de coberturas a escalas más detalladas, con el fin de mejorar y permitir mayores especificaciones de las coberturas analizadas.

La validación de la metodología es una etapa fundamental que no debe evadirse por ningún motivo, debido a que confirma y da confianza a la información presentada por las imágenes satelitales y la certeza de la metodología.

Agradecimientos

Los autores, expresan sus agradecimientos a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, por el apoyo a la realización de esta investigación.

Bibliografía

- Alva, M. y A. León. 2014. Diseño e implementación de un catálogo de objetos geográficos para la cobertura de la tierra usando leyenda Corine Land Cover, para el departamento de Ancash. Pp: 1-8. *En: Memorias XVI Simposio internacional Selper 2014, Sociedad latinoamericana en percepción remota y sistemas de información espacial Capítulo Colombia*. Medellín.
- Alvear, M., P. Franco-Roselli y J. Betancur. 2010. Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Los nevados de la cordillera Central Colombiana. *Revista Botánica Florística* 32: 39-63.
- Bonell, M. 2005. Runoff generation in tropical forest. Pp: 314-406. *En: Bornell. M. y L. A. Zell (Ed.). Forest water-people in the humid tropics past, present and future hidrological research for integrated land and water Management*. Cambridge University press, Cambridge.
- Bruijnzeel, L. 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing to soil of the trees. *Agriculture Ecosystems and Environmental*. 104 pp.
- Catalá, R., J. Bosque y W. Plata. 2008. Análisis de posibles errores en la base de datos de Corine Land Cover (1990-2000) en la comunidad de Madrid. *Estudios Geográficos* 69 (264): 81-104.
- Condesan. 2012. Ecosistemas alto andinos, cuencas y regulación hídrica. Área de cuencas andinas. Condesan, 2 pp.
- Corpocesar. 2011. Caracterización e impactos ambientales por vertimientos en tramos en la cuenca media y baja del río Cesar. Valledupar. Universidad del Atlántico, Corpocesar Barranquilla, Colombia. 23 pp.
- Corredor, L., E. Cárdenas y J. Ordoñez. 2011. Aplicación de la metodología Corine Land Cover en la determinación de los cambios de cobertura en el parque natural los Flamencos. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Universidad Militar Nueva Granada* 21 (2): 153-167.
- Cortez-Duque, J y C. Sarmiento. 2013. Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana. Memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de Páramos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., 252 pp.
- Díaz-Granados, M. A., J. Navarret y T. Suarez. 2005. Páramos, hidrosistemas sensibles. *Revista de Ingeniería de la Universidad de los Andes* 22: 64-75.
- Di Gregorio, A. 2005. Sistemas de Clasificación de la cobertura de la tierra. Conceptos de clasificación y manual para el usuario. FAO, Roma. 226 pp.
- EOT Oicatá. 1999. Esquema de Ordenamiento Territorial, Análisis y síntesis territorial. Oicatá. 64 pp.
- Feranec, L., G. Hazeu., S. Christensen y G. Jaffran. 2007. Corine Land Cover change detection in Europe (Case studies of Netherlands and Slovakia). *Science Direct* 24: 234-247.
- Foro Nacional Ambiental. 2012. La regulación ambiental y social de la minería en Colombia, comentarios al proyecto de ley de reforma al código de minas. Bogotá D.C. 16 pp.
- Ideam, IGAC y Cormagdalena. 2008. Mapa de Coberturas de la Tierra, cuenca Magdalena – Cauca, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Igac), Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena (Cormagdalena). Bogotá D.C., Colombia. 200 pp.
- Ideam. 2010. Leyenda Nacional de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover para Colombia, Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C., Colombia. 72 pp.
- Ideam, Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Sinchi, UAESPNN e Igac. 2011. Mapa nacional de coberturas de la tierra a escala 1:100.000, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, Base de Datos en formato Geodatabase, Convenio Especial de Cooperación Ideam. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Sinchi, UAESPNN, Igac. Bogotá D.C. 219 pp.

- Igac. 2008. Mapa de coberturas de la tierra cuenca Magdalena –Cauca metodología Corine Land Cover para Colombia escala 1:100.000. ONF Internacional. 24 pp.
- Igac. 2010. Guía explicativa de la temática de cobertura y uso del suelo. Igac. Bogotá D.C., Colombia. 5 pp.
- Igac. 2012. Estudio semidetallado de suelos en las áreas planas de 14 municipios de la Sabana de Bogotá y en un municipio del valle del río Magdalena, departamento de Cundinamarca. Igac. Bogotá D.C. 47 pp.
- Igac. 2013. Descripción y corrección de productos Land Sat 8 LDCM (Land Sat 8 LDCM), (Land Sat Community Mission) Versión 1.0. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá D.C., Colombia. 46 pp.
- Latorre, J. y L. Corredor. 2012. Monitoreo satelital de las coberturas de la Tierra para la caracterización de indicadores de estado y precisión en los Parques Nacionales Naturales de Colombia (Línea base 2000-2002). 10 pp.
- López, A. 2010. Estimación de conflictos de uso de la tierra por dinámica de cultivos de palma africana usando sensores remotos, caso departamento del Cesar. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Escuela de Geociencias y Medio Ambiente. Medellín, Colombia. 79 pp.
- Mas, J. y T. Fernández. 2003. Una evaluación cuantitativa de los errores en el monitoreo de cambios de cobertura por comparación de mapas. Investigaciones Geográficas. *Boletín del Instituto de Geografía UNAM* 51: 73-87.
- MinAmbiente y Parques Nacionales Naturales. Sin fecha. Adopción de la metodología Corine Land Cover para la Caracterización de coberturas de la tierra a escala 1:100 000 en las áreas de Sistemas de Parques Nacionales Naturales de Colombia. 20 pp.
- MinAmbiente. 2014. Guía temática para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS, Anexo A, Diagnóstico. Bogotá D.C., Colombia. 112 pp.
- Mojica, L. y J. Mariño. 2013. Estado de la exploración y posibilidades de gas asociado al carbón (GAC), en Boyacá Colombia. *Boletín de Geología* 35 (2): 10.
- Morales, J. y J. Estévez. 2006. ¿El páramo, un ecosistema en vía de extinción? *Revista Luna Azul* 22: 39-51.
- Morales, M., J. Otero, T. van der Hammen, A. Torres, C. Cadena, C. Pedraza, N. Rodriguez, J. Betancourth, E. Olaya, E. Posada y L. Cadena. 2007. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. 208 pp.
- Ortiz, L. y A. Reyes. 2009. Páramos en Colombia. Un ecosistema vulnerable. Observatorio grupo de estudios en economía política y medio ambiente, Universidad Sergio Arboleda. Bogotá D.C., Colombia. 9 pp.
- Pontius, J. R. y C. Lippit. 2006. Can error explain map differences over time? *Cartography and Geographic Information Science* 33 (2): 159-171.
- Procuraduría General de la Nación. 2008. Situación de páramos en Colombia, frente a la actividad antrópica y el cambio climático, Informe preventivo. Procuraduría general de la nación, Procuraduría delegada para asuntos ambientales y agrarios. Bogotá D.C., Colombia. 112 pp.
- Rebollo, M. 2013. Estudio multitemporal para la determinación de cambios en el uso del suelo en el complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha. Ingeniería forestal, profesional de proyectos. Bogotá D.C., Colombia. 20 pp.
- Sarmiento, C., C. Cadena, M. Sarmiento, J. Zapata y O. León. 2013. Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia, Actualización de la cartográfica de los complejos de páramos a escala 1:100.000. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 46 pp.
- Tobón, C. 2009. Los bosques andinos y el agua. Serie de investigación y sistematización número 4. Programa regional Ecobona- Intercoperation, Condesan, Quito. 922 pp.
- USAID COLOMBIA. 2012. Informe final actividad 4.1 A) “Definición del estado de conservación de los ecosistemas para recategorización y declaratoria de las áreas protegidas en el ámbito regional (áreas seleccionadas por la UAESPNN)”. B) “Identificación de vacíos y definición de prioridades de conservación”, Actividad 4.1. C) “Documento de categorías de áreas protegidas, programa de política pública de Colombia (PPP). 189 pp.
- Valencia, G. y J. Anaya. 2009. Implementación de la metodología Corine Land Cover con imágenes Ikonos. *Revista de Ingeniería Universidad de Medellín* 8 (15): 39-52.
- Vargas, O. 2013. Distribución de los páramos Andinos. Pp: 39-57. En: Cortez-Duque, J., Sarmiento, O. Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña Colombiana: Memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de los Páramos. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia.

Karen Victoria Suárez-Parra
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,
Grupo de Investigación Gipso
vickoaf@gmail.com

Germán Eduardo Cély-Reyes
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,
Facultad Ciencias Agropecuarias,
Grupo de Investigación Gipso
german.cely@uptc.edu.co

Fabio Emilio Forero-Ulloa
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,
Facultad Ciencias Agropecuarias,
Grupo de Investigación Gipso
fabio.forero@uptc.edu.co

Validación de la metodología Corine Land Cover (CLC) para determinación espacio-temporal de coberturas: caso microcuenca de la quebrada Mecha (Cómbita, Boyacá), Colombia.

Cítese como: Suárez-Parra, K. V., G. E. Cély-Reyes y F. E. Forero-Ulloa. 2016. Validación de la metodología Corine Land Cover (CLC) para determinación espacio-temporal de coberturas: caso microcuenca de la quebrada Mecha (Cómbita, Boyacá), Colombia. *Biota Colombiana* 17 (1): 1-15. DOI: 10.21068/C2016v17r01a01

Recibido: 19 de agosto de 2015
Aprobado: 5 de agosto de 2016