

# Multitemporal analysis of the vegetation cover in the area of influence of the mines located in the high part of Maltería in Manizales, Colombia

Gloria Yaneth Flórez-Yepes <sup>a</sup>, Alejandro Rincon-Santamaría <sup>b</sup>, Pablo Santiago Cardona <sup>c</sup>  
& Angela María Alzate-Alvarez <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Grupo de Investigación GIDTA, Maestría en Teledetección, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Católica de Manizales, Manizales, Colombia. gyflorez@ucm.edu.co

<sup>b</sup> Grupo de Investigación GIDTA, Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Católica de Manizales, Manizales, Colombia. arincon@ucm.edu.co, alzate@ucm.edu.co

<sup>c</sup> Arquitectura, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Católica de Manizales, Manizales, Colombia. pcardona@ucm.edu.co

Received: February 16<sup>th</sup>, de 2016. Received in revised form: October 18<sup>th</sup>, 2016. Accepted: December 19<sup>th</sup>, 2016

## Abstract

One of the methods used to analyze environmental impacts occurred over time, is to know the evolution of ecosystems using Geographic Information Systems-GIS; so in this article, it is presented a multitemporal analysis of an area with influence of two production systems mainly: livestock and mining, and on which there are significant environmental impacts. The methodology was based on the use and digitalization of aerial photographs of the years 1998 and 2010 and an image taken of Google Earth of the year 2015 properly georeferenced, was worked with a scale 1: 25000; Also, the ArcGIS program was used for information processing. The analysis established the variations in plant cover over time, the influence of productive systems on forested areas, areas that have had recovery processes and others that have disappeared over time.

**Keywords:** Multitemporal analysis; mining zone; livestock production system; environmental impact.

## Análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de Maltería en Manizales, Colombia

### Resumen

Uno de los métodos utilizados para analizar impactos ambientales ocurridos a través del tiempo, es conocer la evolución de los ecosistemas mediante Sistemas de Información Geográfica-SIG; así que en este artículo, se presenta un análisis multitemporal de una zona con influencia de dos sistemas productivos principalmente: la ganadería y la minería y sobre la cual se presentan impactos ambientales significativos. La metodología partió de la utilización y digitalización de fotografías aéreas de los años 1998 y 2010 y una imagen tomada de Google Earth del año 2015 debidamente georreferenciada, se trabajó con una escala 1:25000; así mismo, se utilizó el programa ArcGIS para el procesamiento de la información. En el análisis se estableció como han sido las variaciones en las coberturas vegetales en el tiempo, la influencia de los sistemas productivos sobre las áreas boscosas, las áreas que han tenido procesos de recuperación y otras que con el tiempo han ido desapareciendo.

**Palabras Clave:** Análisis multitemporal; zona minera; sistema productivo pecuario; impacto ambiental.

### 1. Introducción

El problema central que la investigación abordó fueron los impactos ambientales que se generan principalmente en el recurso agua de la microcuenca de la quebrada Manizales,

a causa de los sistemas productivos presentes en la zona, especialmente por la presencia de ganadería y minería de oro. En este sentido, esta zona ha presentado una cantidad de problemas provocados tanto por la contaminación como por la inestabilidad que presentan los suelos.

Actualmente, la industria de minería aurífera, utiliza el

**How to cite:** Flórez-Yepes, G.Y., Rincón-Santamaría, A., Cardona P.S. and Alzate-Alvarez, A.M., Análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de Maltería en Manizales, Colombia. DYNA 84(201), pp. 95-101, 2017.

cianuro para su extracción, el cual contiene compuestos tóxicos para la vida humana y animal, afectando de manera significativa los ecosistemas [1].

Hoy, son innumerables los problemas ambientales globales que se presentan a causa de las necesidades humanas; por lo tanto, se exige abordar tecnologías novedosas para detectarlos así como para llegar a hacer una mejor planificación para su solución. La teledetección y los SIG, por ejemplo, permiten estudiar los sistemas ecológicos a escalas espaciales y temporales para dar una mejor información y proyección del uso y manejo de los ecosistemas.

Los SIG están siendo utilizados como una herramienta para complementar los análisis sobre el medio ambiente: especialmente para detectar los impactos ambientales, asociados a problemas de usos de suelo, deforestación, entre otros; su aplicación en el proyecto generó información importante para determinar los cambios que las coberturas vegetales han sufrido en el tiempo y poder analizar la relación que han tenido los sistemas productivos sobre los impactos ambientales presentados. Comúnmente, los SIG se han utilizado para la cuantificación de procesos erosivos, en este sentido, se han analizado diferentes técnicas para el procesamiento digital de imágenes, utilizando datos MSS de Landsat, y se ha demostrado que éste tipo de tecnologías, brindan las posibilidades para la cuantificación y medición de áreas y problemáticas ambientales importantes y su evolución en el tiempo.

Estudios como el de Posada & Salvatierra [2] realizaron el “Análisis multitemporal del cambio de ecosistema de manglar en la costa del departamento del Atlántico (Colombia)”, López, Gaitán, Ayesa, & Donald [3] presentan el estudio “Utilización de la Teledetección y el SIG para la gestión de humedales en el noroeste de la Patagonia”; Angulo, Suárez & Mollicone [4] para determinar la dinámica de la deforestación en Venezuela, utilizando la teledetección aplicada a mapas históricos, Parra, A. S., & Ángel, J., D. Restrepo [5], estudio sobre el colapso ambiental en el río Patía, Colombia, específicamente sobre las variaciones morfológicas y alteraciones en los ecosistemas de manglar. Dichos estudios, a partir del procesamiento de imágenes y utilización del SIG, han contribuido al análisis de los ecosistemas a través del tiempo con el fin de generar insumos importantes para la planificación de los mismos.

Por otro lado, los análisis multitemporales también se han realizado para determinar el grado de afectación de eventos naturales o antrópicos en los diferentes ecosistemas, tal es el caso de los incendios forestales. En este sentido, Castillo, Garfias, Julio & González, [6] realizaron un estudio para el análisis de grandes incendios forestales en la vegetación nativa de Chile, estudiando el periodo comprendido entre 1976 y 2010. Dicho estudio fue realizado con el fin de disponer de datos que fueran de utilidad para realizar procesos de planificación para su recuperación, utilizando un área de 2000 hectáreas e identificando que los mayores daños se registraron en el periodo comprendido entre 1984 y 1999.

En los últimos tiempos, el tema del descongelamiento de los glaciares ha tenido gran importancia y las técnicas de teledetección han sido importantes para la determinación del análisis multitemporal de estos ecosistemas; en este sentido,

Ariza [7] realizó un análisis del retroceso de glaciares tropicales en los Andes Centrales de Colombia mediante imágenes Landsat, donde evaluó el cambio potencial de las fluctuaciones en la línea de nieve del volcán Nevado del Huila, durante un intervalo de 25 años. “Los resultados, para el periodo 1976-2001 indican un continuo y constante retroceso de superficie glacial, con una pérdida de 532.82 ha. Lo que constituye una disminución de más del 27 % del área en 25 años”.

Otro de los conceptos importantes que se consideraron para el desarrollo de la investigación asociado al de análisis multitemporal, es el de impacto ambiental; Espinoza considera que la evaluación de impacto ambiental es un proceso singular e innovador cuya operatividad y validez como instrumento para la protección y defensa del medio ambiente está recomendado por diversos organismos internacionales. También es avalado por la experiencia acumulada en países desarrollados, que lo han incorporado a su ordenamiento jurídico desde hace años, con el fin de evaluar los daños causados por la implementación de diferentes actividades [8].

De acuerdo a lo anterior, esta investigación se enfocó en analizar los cambios que han tenido las coberturas vegetales así como el análisis de los impactos ambientales que se generan por los diferentes sistemas productivos presentes en una zona de influencia minera ubicada a 8.5 kilómetros del Casco urbano del Municipio de Manizales en la vereda Maltería (Zona industrial del Municipio). En la zona, el sistema productivo más representativo es el de producción pecuaria, el cual ha traído consigo la ampliación de la frontera para la producción de ganadería, evidenciando que los impactos ambientales no solo se perciben por los cambios de uso de suelo sino también por los procesos erosivos que se presentan al ocasionarse la compactación del mismo y la desestabilización de los suelos causando deslizamientos, especialmente en la rivera del cauce ocasionando avalanchas a lo largo de la quebrada Manizales.

En la investigación, se realizó un análisis de tres periodos anuales: año 1998, 2010 y 2015 utilizando fotografías aéreas y Google Earth, los cuales permitieron comparar la variación de las coberturas vegetales y la relación de los sistemas productivos con las afectaciones ambientales presentes en el área de estudio.

## 2. Metodología

Esta investigación es de tipo cuantitativo con un enfoque descriptivo en el que se plantea un análisis multitemporal del área que contiene las diferentes coberturas vegetales correspondientes a la zona de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta de Maltería, perteneciente al municipio de Manizales, Colombia.

Para la evaluación de los cambios en las coberturas, se tuvieron en cuenta tanto los aspectos externos a la mina como los internos que hacen parte del sistema productivo y se utilizaron los SIG como principal herramienta.

En este estudio se utilizaron fotografías aéreas del año 1998, cartografía de uso de suelo (fuente CORPOCALDAS, 2010) y una imagen de Google Earth del año 2015 debidamente georreferenciada; esto con el fin de determinar

cómo ha sido el cambio de las coberturas y establecer cómo ha sido la influencia de la minería en la zona. Para la sistematización y análisis de la información se utilizó el software ArcGIS y se hizo digitalización y análisis a una escala de 1:25000; el procedimiento se describe a continuación:

Inicialmente se georreferenció la fotografía aérea del año 1998 y a partir de ella se delimitaron e identificaron los diferentes polígonos de coberturas existentes para los cuales se hizo una cuantificación de las áreas.

A partir del mapa de cobertura vegetal del año 2010, a escala 1:25.000 (fuente CORPOCALDAS) se extrajeron las coberturas vegetales del área de estudio y se cuantificaron las áreas teniendo presente estandarizar los nombres de las coberturas 1998 y 2010 para poderse comparar.

Desde la imagen de Google Earth 2015 se extrajo el área de estudio y con base en la cobertura 2010 se redelimitaron los polígonos con el fin de cuantificar la áreas y establecer los cambios con respecto a las coberturas de los años anteriores.

Finalmente, se trata de establecer una relación de los cambios en las coberturas, con las actividades productivas de la zona, especialmente la ganadería y la minería.

### 3. Resultados

#### 3.1. Evolución de la zona

En las Figs. 1 a 3 se presenta la evolución del área de estudio frente a las diferentes coberturas vegetales. En su orden aparece: 1998, 2010 y 2015.

Las coberturas vegetales han tenido una evolución de conservación desfavorable; como se observa en el mapa, la cobertura vegetal relacionada con los bosques tiene una tendencia marcada a disminuir. Lo anterior se debe principalmente a la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria.

En las Figs. 1 a 3 se aprecia el análisis multitemporal de las coberturas vegetales sobre la zona de estudio.

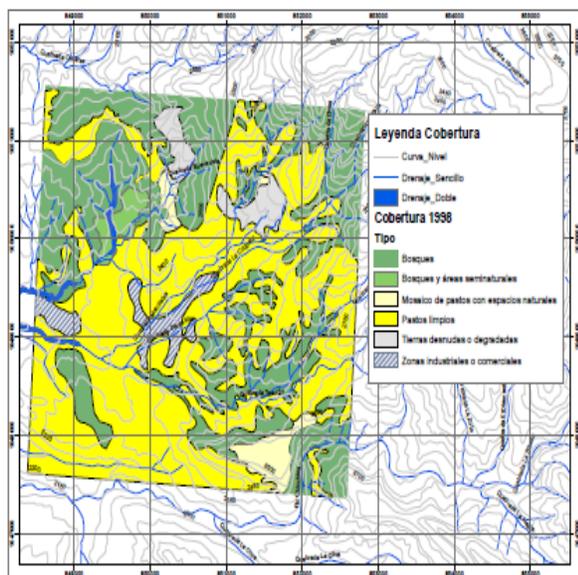


Figura 1. Cobertura vegetal año 1998.  
Fuente: Elaboración propia

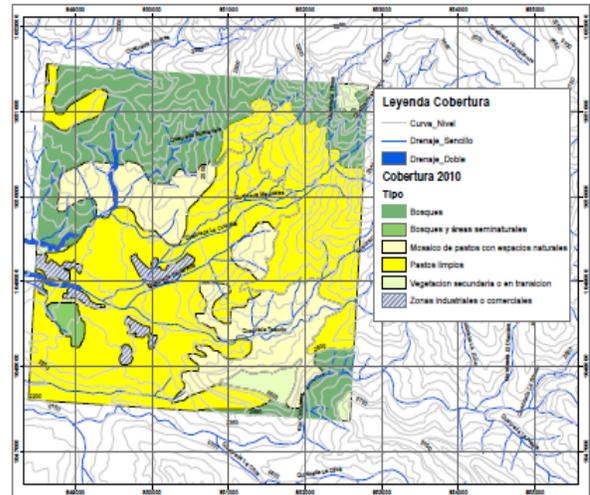


Figura 2. Mapa de coberturas vegetales año 2010.  
Fuente: Elaboración propia

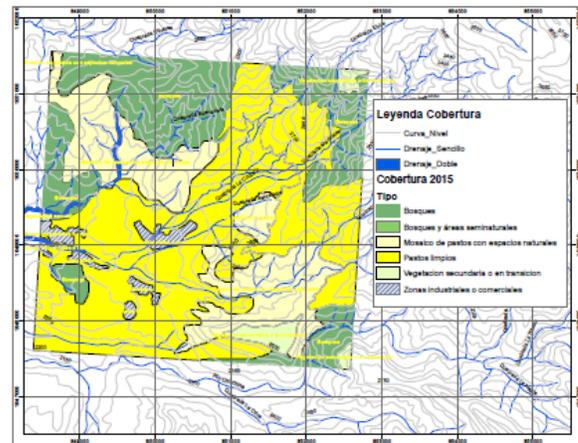


Figura 3. Mapa Cobertura vegetal año 2015.  
Fuente: Elaboración propia

A continuación (Tabla 1), se describen los principales cambios que se han tenido de cada una de las coberturas vegetales:

Tabla 1.  
Diferencias de áreas por tipo de cobertura en diferentes periodos de tiempo

Cobertura	Área 1998	Año 2010	Año 2015
Bosques	613,99	432,58	427,10
Bosques y Áreas Seminaturales	25,2	16,39	0,00
Mosaico de pastos con espacios naturales	50,24	290,53	353,39
Pastos limpios	880,3	843,8	802,8
Tierras desnudas /revegetalizadas	49,50	42,4	42,4
Zonas industriales o comerciales	49,0	42,51	42,51
Área total	1668,35	1668,35	1668,35

Fuente: Elaboración propia

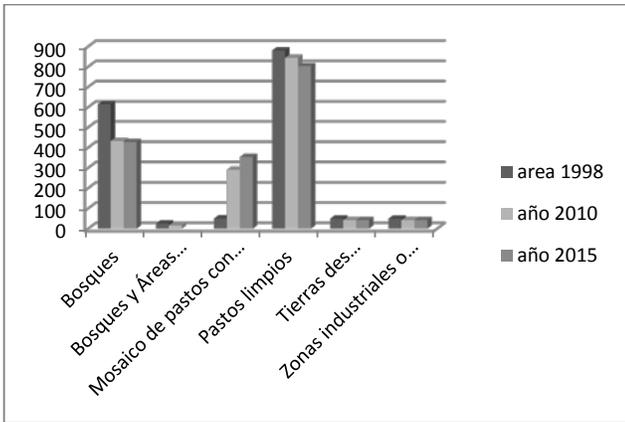


Gráfico 1. Análisis multitemporal de las coberturas.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Bosques

De acuerdo al estudio realizado en el año 1998, existían en el área de estudio 613,9 hectáreas de bosque, mientras que en el año 2015, 427.10 hectáreas. La menor variación se observa entre los años 2010 y 2015, esto debido posiblemente a que a se ha tenido una mayor acción por parte de las autoridades ambientales frente a la conservación de los bosques en esta zona. Los eventos naturales, especialmente las avalanchas ocurridas en el año 2011 trajeron consigo grandes pérdidas para las poblaciones aledañas y para la industria que se encuentran aguas debajo de la zona de estudio, han sido atribuidas a los procesos erosivos y el deterioro de los bosques ocurridos en el área de estudio, lo que ha sido causa de preocupación para los habitantes.

La disminución de los bosques en términos de porcentaje entre el año 1998 y 2010, fue del 29,5 % mientras que la disminución entre el año 2010 y el 2015, los bosques disminuyeron un 1,2 %; se puede decir entonces que la presión sobre el ecosistema de bosques tiene una tendencia decreciente. Como se mencionó al principio, de los sistemas productivos presentes en la zona de estudio, el que más afecta a este ecosistema es la ganadería, que no sólo causa deforestación sino también procesos erosivos significativos.

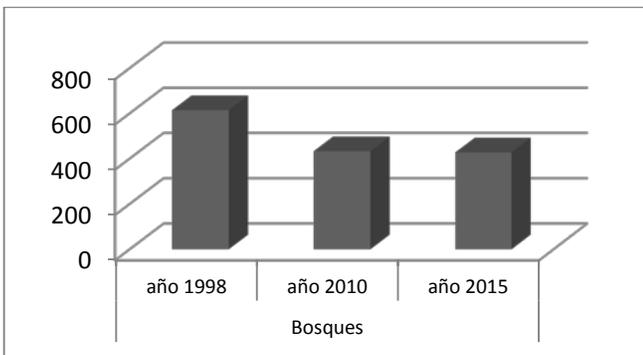


Gráfico 2. Análisis multitemporal de la cobertura de bosques.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Bosques y áreas seminaturales

Se refieren a bosques y áreas seminaturales, aquellas áreas donde existe una combinación de bosque espeso con áreas que están en recuperación y regeneración natural. Éste tipo de cobertura en el año 1998, tenía un área de 25,2 ha y pasó a 16.3 ha en el año 2010; sin embargo, para el 2015, ésta área no se registra, siendo posible que se haya convertido en el uso del suelo con características de mosaico de pastos con espacios naturales ya que éste último aumentó de manera considerable en los últimos años.

### 3.4. Mosaico de pastos con espacios naturales

Éste tipo de cobertura se refiere a aquél uso del suelo en el cual se encuentra una combinación de coberturas de pastos con algunas coberturas de bosque secundario, lo que indica que es posible que para el año 2015, se haya incrementado dada las necesidades institucionales que se evidenciaron a partir del año 1998, con el fin de incrementar los espacios naturales. Se observa especialmente una variación significativa entre los años 1998 (50,2 ha) y 2010 (290,5 ha); así mismo, en los cinco años siguientes, se nota un aumento cercano a las 60 has.



Figura 4. Cobertura de bosques y áreas seminaturales.  
Fuente: Elaboración propia

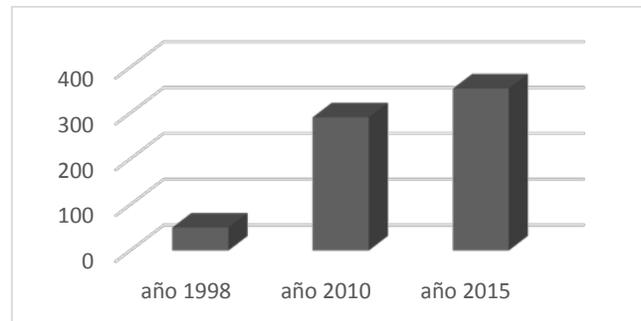


Gráfico 3. Análisis multitemporal cobertura mosaico de pastos con espacios naturales.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Cobertura mosaico de pastos con espacios naturales.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Pastos limpios

La ganadería ha causado grandes impactos ambientales, es por esto que Lorente [9], menciona que la ganadería como actividad humana, contribuye de manera muy relevante al cambio climático. En relación con ello, el sector agropecuario, al igual que la mayoría de las actividades humanas, viene determinado por el sistema económico actual, ya que si bien es cierto, este sector ha sido uno de los grandes causantes de los gases efecto invernadero y ha traído consigo grandes problemas de deterioro del suelo, también es cierto que se requiere de mejores procesos de planificación y rotación para una mayor disminución de los impactos ambientales generados. En la zona de estudio son evidentes los impactos ambientales generados por este sistema productivo, los cuales se traducen en el deterioro y erosión del suelo; sin embargo, no se observa ampliación de la frontera agropecuaria en los últimos años. De acuerdo con el análisis multitemporal, se muestra que en el año 1998 existían 880,3 ha de pastos limpios mientras que en el año 2015 se observan 802,8 ha; es decir, existe una disminución significativa en pastos limpios, por lo cual, a partir de 1998, se ha venido implementando procesos de restauración en el marco de la ordenación de la cuenca del río Chinchiná.

De los sistemas productivos presentes en el área de estudio, la ganadería es uno de los más impactantes no sólo por los procesos erosivos y compactación del suelo (pata de vaca) sino también por los deslizamientos ocurridos, los cuales han traído consecuencias importantes como avalanchas sobre el cauce de la quebrada Manzales y las posteriores pérdidas humanas.

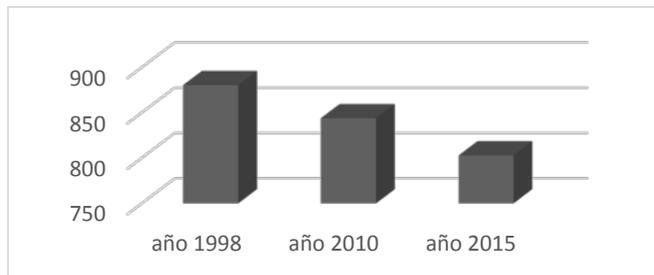


Gráfico 4. Análisis multitemporal cobertura pastos limpios.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Tierras desnudas y revegetalizadas

Con relación a ésta cobertura, en 1998 existían procesos erosivos en la zona con un área de 49 ha como deslizamientos, mientras que para los años 2010 y 2015, se observa un comportamiento de áreas revegetalizadas con un promedio de 42 ha, esto debido principalmente a que hubo una acción en éste año por parte de la autoridad ambiental, para la recuperación del área degradada generándose una recuperación significativa del suelo perdido.

En la Fig. 6 se observa que en la fotografía aérea del año 1998 existía un proceso erosivo (el cual se aprecia en la parte superior de color más claro) mientras que para el año 2015 se observa en la imagen de google que el área es revegetalizada, por otro lado de acuerdo con el mapa de pendientes ésta zona no supera los 20 grados de pendiente, lo cual facilita los procesos de recuperación.

### 3.7. Áreas industriales o comerciales

Frente a estas áreas, se observa poca variación frente a los años estudiados; para el año 1998, se percibe un área de 49 ha y para el año 2015 una disminución llegando a 42 ha; esto posiblemente a que ha habido algunos cambios de uso del suelo o por variación en las escalas utilizadas.

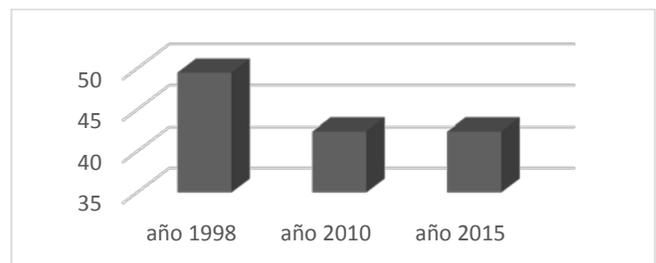


Gráfico 5. Análisis multitemporal cobertura tierras desnudas y Revegetalizadas.  
Fuente: Elaboración propia

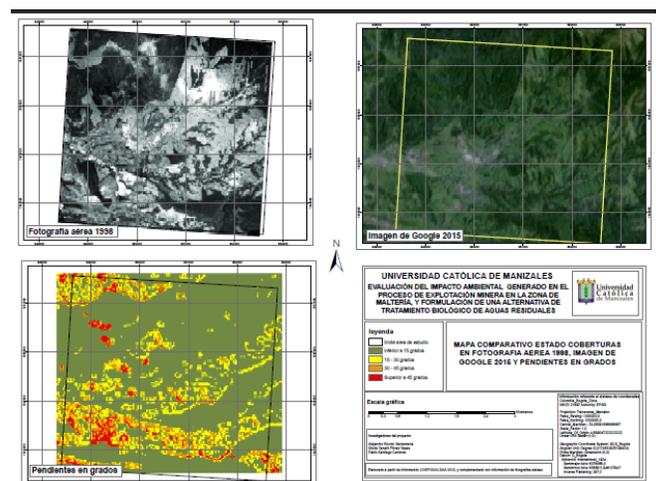


Figura 6. Mapa comparativo estado de coberturas 1998, 2015 con el mapa de pendientes.  
Fuente: Elaboración propia

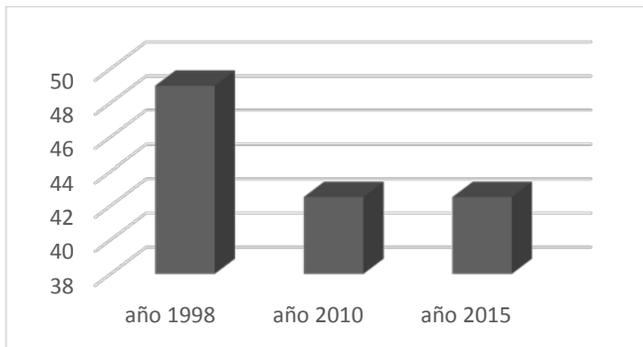


Gráfico 6. Análisis multitemporal coberturas zonas industriales o comerciales:

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.

Promedio de pendientes en grados por coberturas y por año

cobertura/año	pen 2015	pen 2010	pen 1998
Bosques	11,82	10,04	11,82
Mosaico de pastos con espacios naturales	16,58	16,32	16,58
Pastos limpios	10,05	10,73	10,05
Vegetación secundaria o en transición	11,93	11,93	11,93
Zonas industriales o comerciales	20,65	20,65	20,65

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, de acuerdo con el mapa de pendientes, se pudo identificar que la zona de estudio a pesar de los procesos erosivos que se presentan no tienen altos grados de pendiente en la Tabla 2 se relacionan los grados de pendiente promedio por cada año y por cada cobertura.

De acuerdo con lo anterior, los pastos limpios, se encuentran en zonas de baja pendiente y aun así es en el sistema productivo que se aprecia mayor grado de impacto ambiental.

Con respecto al proceso minero, las minas de oro ubicadas en la parte alta de la quebrada Manizales, implementan un plan de extracción de oro de filón subterráneo que se encuentra en un tipo de roca metamórfica llamada Milonita Granoleonítica. La principal característica de este mineral en esta zona es que se encuentra esparcido en toda la extensión y requiere de un proceso lento y de grandes cantidades de material extraído para aprovechar de la manera más eficiente el mineral. Éstas minas han sido intervenidas hace ya varias décadas, en las cuales no se valoraban los posibles impactos que ocurrieran sobre el medio ambiente y sus recursos naturales; la exploración y posterior explotación se hacía artesanalmente utilizando mercurio para separar el oro del resto de material no beneficiable y del agua. Como consecuencia de esto, el medio se vio realmente intervenido y ocasionó graves problemas que hoy se ven reflejados en la pérdida de cauces y nacimientos de agua de la microcuenca de la quebrada Manizales.

La historia data que a finales de los años 80's, se empezó a tecnificar el procedimiento de extracción del oro con el fin de disminuir los impactos negativos en los recursos naturales de la zona. A medida que la tecnificación minera se iba dando a nivel nacional, las autoridades ambientales encabezaron grandes esfuerzos que permitieran formular un código

minero y expedir otras normas que propendieran porque ésta actividad fuera sostenible.

Colombia, debido a su alta actividad volcánica y tectónica, presenta en sus suelos grandes cantidades de minerales. El oro por su parte, es uno de los minerales más difíciles de encontrar; sin embargo, existe un alto contenido en los suelos colombianos, lo cual ha promovido su extracción de forma artesanal por siglos.

A pesar de los grandes impactos que se han generado sobre el terreno y debido a labores mineras artesanales, en la zona se han venido empleando mejores prácticas mineras; las cuales están enmarcadas dentro del plan de manejo a partir de los métodos de reutilización de residuos, disposición final de los mismos, entre otros.

La zona de estudio se encuentra rodeada por una intervención antrópica significativa debido a diferentes usos ganaderos, agrícolas, industriales y mineros que se le han dado a los terrenos y que impiden una conservación de los recursos naturales de la zona. Así mismo, la población que participa y vive de las actividades mineras del sector, poseen gran conocimiento acerca de su medio y de la trascendencia de la minería para su vida económica y familiar; por otro lado, gran cantidad de las personas que no están directamente relacionadas con la minería en el sector, saben y conocen de dichas actividades sintiendo comodidad y aceptación hacia ellas.

#### 4. Conclusiones

En la zona de estudio, los mayores impactos que se observan sobre el paisaje son los producidos por la ganadería, donde es evidente el deterioro del suelo y la tendencia a los procesos erosivos. En el caso de la minería, el mayor impacto se presenta sobre el recurso agua por la contaminación que se genera, especialmente por la cianuración debido al proceso de transformación del oro.

El sistema productivo presente en la zona que más impactos ambientales genera es la producción pecuaria, seguido de la minería; impactos que están reflejados en deslizamientos, cárcavas y fragmentación del paisaje.

La ampliación de la frontera agrícola y pecuaria que se ha presentado en el área de estudio ha ocasionado la pérdida de los bosques, incrementando la fragmentación y contribuyendo al deterioro del paisaje, sin embargo, se nota que en los últimos años ha disminuido la producción de pastos.

Durante muchos años se le ha atribuido a la minería los desastres naturales ocasionados en el área de estudio; sin embargo, es necesario anotar que ésta zona hay que estudiarla de manera sistémica para poder entender su dinámica y su relación con los diferentes sistemas productivos que influyen sobre dichos eventos.

A partir del año 1998, se han venido desarrollando proyectos de restauración ecológica tanto pasiva como activa, es por esto que posiblemente haya disminuido la producción pecuaria, pues en el análisis multitemporal se observa que del año 1998 al 2015 hay una disminución de pastos limpios de 80 has.

Ha existido un incremento de tierras revegetalizadas sobre todo donde existían procesos erosivos, recuperando una gran parte de las tierras desnudas.

La metodología de análisis multitemporal para el estudio

de ecosistemas permite determinar los cambios e impactos ambientales más significativos a través del tiempo permitiendo conocer las interrelaciones existentes entre los diferentes elementos que lo componen y su relación con la intervención antrópica.

La realización del análisis multitemporal permite realizar procesos de planificación del territorio, entendiendo la evolución de las problemáticas y buscando a través de procesos planificados la solución de las mismas.

La estandarización de los nombres de coberturas es importante al momento de realizar la construcción de los mapas multitemporales, toda vez que esto permite unificar la información para establecer las comparaciones de las áreas.

Las coberturas vegetales del año 2010 fueron fundamentales para proceder a la redelimitación de las mismas para el año 2015.

Los modelos de elevación digital del terreno son de vital importancia en el análisis del medio ambiente puesto que permiten correlacionar diferentes parámetros geomorfológicos con variables que caracterizan los diferentes sistemas naturales.

Para entender las problemáticas ambientales presentes en un determinado territorio, es preciso estudiarlo de manera sistémica, no basta con analizar los elementos aislados, sino que debe ser un proceso que articule las interrelaciones de los componentes.

## Bibliografía

- [1] García, I., Constructed wetlands use for cyanide and metal removal from gold mill effluents. Tesis Dr. no publicada, Royal Institute of Technology, Estocolmo, Suecia, 2003.
- [2] Posada, E. y Salvatierra, H., Análisis multitemporal del cambio de ecosistema de manglar en la costa del departamento del Atlántico, Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 24 P, 2001.
- [3] López, C., Gaitán, J., Javier, A. y Donaldo, E., Utilización de la teledetección y el SIG para la gestión de humedales en el noroeste de la Patagonia. [en línea], Bariloche ARG, 9 P, 2001. [Fecha de consulta 7 de agosto de 2014]. Disponible en: [www.isprs.org/proceedings/2005/semana\\_geomatica05/front/.../S34.doc](http://www.isprs.org/proceedings/2005/semana_geomatica05/front/.../S34.doc).
- [4] Angulo, C.P., Suárez, I.A. y Mollicone, D., Dinámica de la deforestación en Venezuela: Análisis de los cambios a partir de mapas históricos. Interciencia, [en línea]. 36(8), pp. 578-586, 2011. [Fecha de consulta 15 de Agosto de 2015]. Disponible en: <http://search.proquest.com/docview/886035983?accountid=36216>.
- [5] Parra, A.S. y Restrepo-Ángel, J.D., El colapso ambiental en el río Patía, Colombia: Variaciones morfológicas y alteraciones en los ecosistemas de manglar. Latin American Journal of Aquatic Research, [en línea]. 42(1), pp. 40-60, 2014. [Fecha de consulta 2 de julio de 2015]. Disponible en: <http://search.proquest.com/docview/1510574713?accountid=36216>
- [6] Castillo, M.S., Garfias, R.S., Julio, G.A. y González, L.R., Análisis de grandes incendios forestales en la vegetación nativa de Chile. Interciencia, [en línea]. 37(11), pp. 796-804, 2012. [Fecha de consulta 12 de agosto de 2015]. Disponible en: <http://search.proquest.com/docview/1412599161?accountid=36216>
- [7] Ariza, A., Análisis del retroceso de glaciales tropicales en los Andes centrales de Colombia mediante imágenes Landsat. Revista Cartográfica, [en línea]. (82), pp. 57-74, 2006. [Fecha de consulta 8 de septiembre de 2015]. Disponible en: <http://search.proquest.com/docview/236497152?accountid=36216>
- [8] Espinosa, G., Fundamentos de evaluación del impacto ambiental, Chile, [en línea]. 2001. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd51/fundamentos.pdf>
- [9] Lorente, A., Ganadería y cambio climático: Una influencia recíproca. Geographos, Universidad de Alicante, [en línea]. 2010. [Fecha de consulta 7 de agosto de 2014]. Disponible en: <http://web.ua.es/es/revista-geographos-giecryal/documentos/articulos/no-3-2010-art-lorente-saiz.pdf>

**G.Y. Florez-Yepes**, is BSc in Environmental Administrator 2004; MSc. in Sustainable Development and Environment 2007, of Universidad de Manizales, Colombia; PhD (c) in Sustainable Development of Universidad de Manizales, Colombia; researcher of the Master Program in Remote Sensing and Environmental Engineering of Universidad Católica de Manizales, Colombia; her research interests include: conservation of natural ecosystems especially in natural wetlands.  
ORCID: 0000-0003-4185-0178

**A. Rincón-Santamaría**, received the BSc degree in Chemical Engineering, the MSc. degree in Engineering-Industrial Automation, and the Dr. Eng. degree in Engineering-Automation, from Universidad Nacional de Colombia at Manizales, Colombia, in 2006, 2007 and 2010, respectively. He is an associate professor with the Faculty of Engineering and Architecture, Universidad Católica de Manizales, Colombia. His research interests include: wastewater treatment systems and plant growth promoting Bacteria.  
ORCID: 0000-0002-7381-0560

**P.S. Cardona**, is BSc in Architect, graduated from Universidad Nacional de Colombia at Manizales, Colombia; student of MSc. in Education, Universidad Católica de Manizales, Colombia; is professor and researcher of the Universidad Católica de Manizales, Colombia. His research interests include: sustainable habitation and urbanism.  
ORCID: 0000-0002-6181-3465

**A.M. Alzate-Alvarez**, received the BSc. in Engineering of Sanitation and Environmental Development in 2005 from Universidad Católica de Manizales, Colombia, the MSc. in Environmental Management from Griffith University in Brisbane, Australia in 2007. Since 2010, she is full professor in the environmental engineering degree in Universidad Católica de Manizales, Colombia. Her research interests include: high Andean wetlands from Chinchiná river basin, the management of water resources and environmental law.  
ORCID: 0000-0003-4931-7562



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN  
FACULTAD DE MINAS

Área Curricular de Medio Ambiente

Oferta de Posgrados

Especialización en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos  
Especialización en Gestión Ambiental  
Maestría en Ingeniería Recursos Hidráulicos  
Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo  
Doctorado en Ingeniería - Recursos Hidráulicos  
Doctorado Interinstitucional en Ciencias del Mar

Mayor información:

E-mail: [acma\\_med@unal.edu.co](mailto:acma_med@unal.edu.co)  
Teléfono: (57-4) 425 5105