

# ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE CAMBIOS DE USO DEL SUELO Y COBERTURAS, EN LA MICROCUENCA LAS MINAS, CORREGIMIENTO DE LA LAGUNA, MUNICIPIO DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO

Diego Muñoz Guerrero <sup>1</sup>

Mike Rodríguez Montenegro <sup>2</sup>

Mario Romero Hernández <sup>3</sup>

## RESUMEN

Se efectuó un estudio de análisis multitemporal de cambios de uso del suelo en la microcuenca las Minas, situada en la parte alta de la vereda Alto Pedro, Corregimiento de La Laguna, al sur oriente del Municipio de Pasto. El periodo de evaluación del análisis fue de 19 años, entre 1989 y 2008, para lo cual se implementaron diferentes herramientas y procesos cartográficos como la fotointerpretación, el tratamiento y análisis imágenes satelitales. Se utilizó el programa ArcView 3.2 con las extensiones 3dAnalysis, Spatial Analyst, Image Analysis, Image Warp y DNR Garmin. Las imágenes utilizadas fueron aerofotografías, imágenes satelitales Landsat 10TM e IKONOS. El estudio mostró una pérdida del recurso natural bosque secundario equivalente a 58.51has, con una deforestación por año de 3.08 has, El aumento de pastos en la microcuenca ha sido continuo con un promedio de 2.54has/año, el aumento más considerable se da en el año 2008 con una área sembrada de pasto de 141.64 has. En cuanto a cultivos el aumento más considerable fue en el año 2008, puesto que aumentó a 28.13 has.

**Palabras clave:** imagen satelital, deforestación, Arcview, fotografía aérea.

## ABSTRACT

A study about a multitemporal analysis of changes on soil use was carried out in "Las Minas" micro-basin which is located on the highest part in the "Alto Pedro" path (La Laguna), in the Southeast of the Municipality of Pasto. Its altitude ranges from 2.900 to 3.500 meters above sea level. The analysis evaluation was held over the past 19 years (from 1989 to 2008) through different cartographic tools such as the interpretation of photographs and the use of ArcView 3.2 program including 3dAnalysis, Spatial Analyst, Image Analyst, Image Warp y DNR Garmin. These images were taken from aerial photographs, satellite images, Landsat 10TM and IKONOS.

---

<sup>1</sup> I. AF., M, Sc en Agroforestería. Docente Tiempo Completo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. 2008. E-mail: dmunoz@catie.ac.cr

<sup>2</sup> Ing. Agroforestal, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal.

<sup>3</sup> Ing. Agroforestal, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal.

It has been found a woodland loss of 58.51 hectares on account of a yearly deforestation of 3.08 hectares. The grass increase in the basin has been constant with an average of 2.54 hectares per year. The most considerable increase took place in 2008 because of the growing of a grass area of 141.64 hectares. As far as crops are concerned, the most considerable increase took place in 2008 since it went up to 28.13 hectares.

**Key words:** satellite image, deforestation, Arcview, photographic aerial.

## INTRODUCCIÓN

El cambio de coberturas y uso del suelo es un proceso dinámico, originado por acción del hombre, que cada vez es más evidente en las cuencas hidrográficas, en áreas aledañas a las quebradas y ríos, así como en las partes altas de las montañas. Estos procesos de cambio son cada vez mayores y ocurren con rapidez, generando la pérdida de la cobertura boscosa y disminución en cantidad y calidad del recurso hídrico y suelo; afectando de esta manera a las comunidades que viven en las cuencas. En la zona andina y amazónica, los bosques nativos han sido sobreexplotados por los asentamientos poblacionales en las principales cuencas hidrográficas, donde se ha cambiado la vocación del suelo por otros no aconsejables ambientalmente (CORPONARIÑO, 2008).

La continua intervención humana ha modificado de una manera permanente la vegetación original; muchas especies nativas han desaparecido al urbanizarse grandes áreas y otras debido a las actividades agropecuarias, obteniendo una elevada concentración urbana y rural de la población; por tal razón en esta zona quedan pequeños espacios cubiertos de vegetación nativa (Revista Nariño, 2007). Por ejemplo en Nariño la tala de bosques se debe a factores como la falta de alternativas económicas productivas para comunidades de escasos recursos económicos, quienes con el afán de subsistir acuden de manera inmediata a éste, sin tener en cuenta el daño que ocasiona (CORPONARIÑO 2002-2012). Por lo anterior, los estudios multitemporales son llevados a cabo con el objeto de detectar cambios de cobertura entre dos fechas de diferencia, deduciendo de ahí la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio (Trejos 2004).

El presente estudio de análisis multitemporal se realizó con el fin de conocer los cambios en el uso del suelo que ha experimentado la microcuenca Las Minas en los últimos 19 años. Esta información servirá como base para la realización de proyectos que forjen un desarrollo sostenible de la región.

## METODOLOGÍA

**Localización.** La microcuenca las Minas se encuentra ubicada en el sur oriente del Municipio de Pasto, corregimiento de la Laguna, vereda del Alto San Pedro, esta microcuenca tiene aproximadamente 376.52 has. Limita por el sur con el corregimiento del Encano, al norte con la cabecera del corregimiento La Laguna, al occidente con la vereda San Agustín y al oriente con la vereda El Barbero.

Para esta zona la temperatura media es de 13.6°C, mientras que a los 3500 msnm la temperatura desciende hasta los 9.1°C. La humedad relativa presenta una máxima de 80% y un mínimo de 74% para los meses de agosto y septiembre. El comportamiento de las lluvias es de tipo bimodal, con períodos de precipitación entre los meses de marzo a mayo y octubre a diciembre con épocas intermedias de menos precipitación, especialmente entre junio y septiembre; la precipitación promedio es de 1500 mm/año. De acuerdo al sistema de clasificación de Holdridge 1967, la microcuenca Las Minas pertenece a las zonas de vida: páramo sub-andino (p-SA) y bosque subhúmedo montano Bajo (bsh-MB).

Para realizar el análisis multitemporal se trabajó con la metodología propuesta por Chuvieco, E. 2002, correspondiente a un análisis multitemporal de manera supervisada y no supervisada. Se inició con recolección de información en algunos documentos como: agenda ambiental Municipio de Pasto 2004 - 2012, Plan de Ordenamiento Territorial de Pasto 2005, mapas temáticos del municipio de Pasto 1989, planchas cartográficas 429IID de 1995, plan de manejo de la cuenca alta del río Pasto del año 1995, imágenes satelitales (1989, 2002, 2003 y 2005) y fotografías aéreas del año 1995.

Para iniciar el trabajo de campo, primero se definió el divorcio de aguas de la microcuenca, utilizando la plancha cartográfica 429IID del IGAC, posteriormente se tomaron puntos GPS a lo largo y ancho de la microcuenca de fácil reconocimiento, que se utilizaron para georeferenciar tanto las imágenes de satélite como las aerofotografías. Se utilizó la proyección cartográfica Transverse Mercator y el Datum WGS 84 con los parámetros geodésico estipulados por el IGAC, con el objetivo de que haya concordancia con la cartografía manejada actualmente en Colombia. Con la extensión Image Warp del programa ArcView 3.2 se georeferenciaron las fotografías del año 1995 y las imágenes del año 2003 y 2005.

**Procesamiento digital de imágenes:** las imágenes originales se trataron digitalmente a partir del análisis de seis categorías principales (bosque secundario, paramo, rastrojo, pasto mejorado, pasto natural y cultivos) establecidas por el programa, con el fin de recoger la mayor parte de la información original y facilitar una primera interpretación de la imagen. Se procedió a realizar una clasificación digital mixta, es decir de manera supervisada apoyada en una clasificación digital no supervisada. La clasificación no supervisada permitió la identificación de las categorías que mostraron una buena aproximación temática, situación que sirvió para diferenciar la vegetación y las áreas construidas. Sin embargo, se observó que algunas de las coberturas tendían a homogeneizarse, por tal razón, se procedió a realizarla clasificación supervisada como un complemento a la anterior.

**Análisis multitemporal.** Se realizó una comparación de imágenes previamente clasificadas de manera independiente. El requisito fue tener elaborada la misma leyenda temática para las dos fechas, con el propósito de que sean realmente comparables. A partir de esto, se generó una tabla multitemporal de cambios, en donde se presentan las transiciones que se producen entre los periodos 1989 y 2008, lo que permite observar, no sólo las zonas de cambio sino también comparar la cobertura original y la actual. Las imágenes clasificadas fueron luego vectorizadas para obtener polígonos en formato shp de ArcView que permitieron calcular las diferentes áreas para cada tipo de uso del suelo. Se hizo un chequeo en campo permitiendo ajustar las categorías temáticas de cobertura y uso del suelo. La detección de cambios en la cobertura y uso del suelo

de la microcuenca se realizó a través de un procedimiento de intersección entre la cobertura de las diferentes imágenes utilizadas.

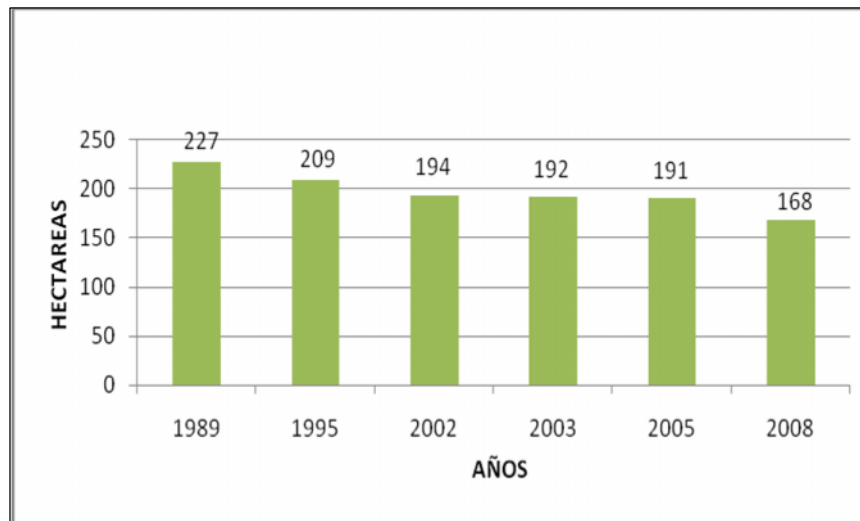
## RESULTADOS Y DISCUSIONES

De acuerdo al análisis realizado, en la microcuenca Las Minas para el año 1989 el bosque secundario cubría 227.43 has, 60.40% de su extensión total. El análisis realizado a la fotografía aérea de 1995 reportó que se perdieron 17.8 has durante estos seis años. Para el año 2002 el análisis indica que durante estos siete años se perdieron 14.5 has, que es una cantidad menor que en el periodo anterior. Para los años 2003 y 2005 la pérdida de la cobertura boscosa fue de 2.1 y 1.4 has respectivamente, teniendo como base el valor del año 2002 (Tabla 1).

Con el análisis del uso actual del suelo del año 2008 se determinó que en la microcuenca Las Minas hay 168.92 has de bosque secundario, 44.86% del área total. Esto quiere decir que durante el periodo de 19 años, comprendido entre 1989 y el 2008 la pérdida de bosque fue de 58.51has, con una deforestación por año de 3.08 has, con lo cual se puede decir que hay una disminución continua, debida a la presión de la comunidad que habita en la microcuenca como también personas ajenas a ésta (Figura 1).

**Tabla 1. Usos del suelo y la disminución de la cobertura boscosa en los últimos 19 años**  
**Análisis de la cobertura boscosa.**

Clasificación	Año	%	Año	%	Año	%	Año	%	Año	%	Año	%
	1989	del	1995	del	2002	del	2003	del	2005	del	2008	del
	Has	área	has	área	Has	área	has	área	Has	área	Has	área
<b>Rastrojo</b>	44,22	11,74	39,86	10,59	50,62	13,44	42,27	11,23	45,84	12,17	35,04	9,31
<b>Cultivos</b>	7,41	1,97	9,94	2,64	9,05	2,40	7,68	2,04	11,02	2,93	28,13	7,47
<b>Pasto</b>												
<b>Natural</b>	86,67	23,02	108,46	28,81	105,61	28,05	116,99	31,07	111,74	29,68	131,89	35,03
<b>Pasto</b>												
<b>Mejorado</b>	6,54	1,74	4,50	1,20	11,81	3,14	12,64	3,36	13,01	3,46	9,75	2,59
<b>Bosque</b>												
<b>Secundario</b>	227,43	60,40	209,64	55,68	194,99	51,79	192,89	51,23	191,45	50,85	168,92	44,86
<b>Páramo</b>	4,24	1,13	4,12	1,10	4,45	1,18	4,04	1,07	3,46	0,92	2,80	0,74
<b>TOTAL</b>	<b>376,52</b>	<b>100</b>	<b>376,52</b>	<b>100</b>	<b>376,52</b>	<b>100</b>	<b>376,51</b>	<b>100</b>	<b>376,52</b>	<b>100</b>	<b>376,52</b>	<b>100</b>



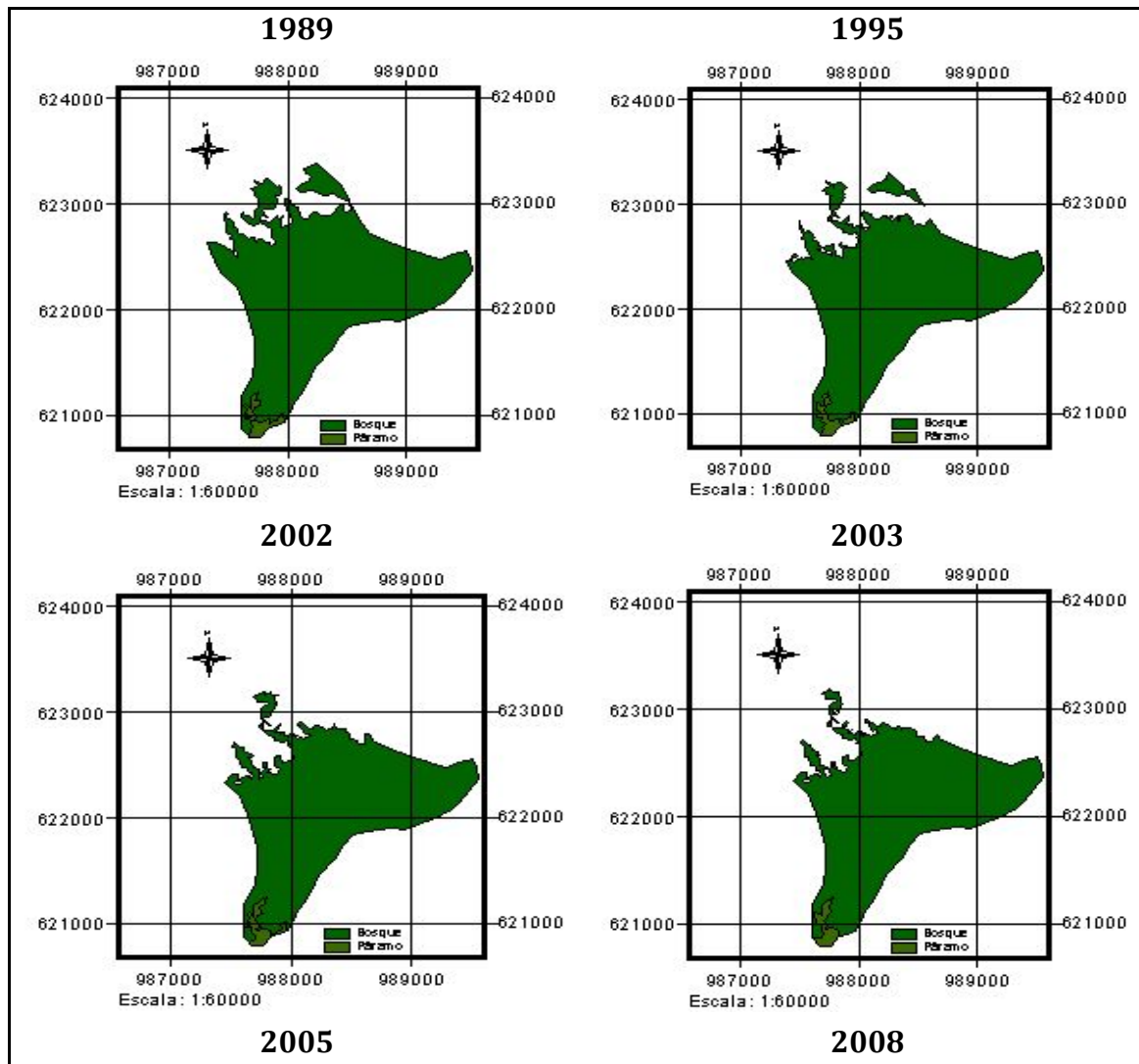
**Figura 1. Cambios de la cobertura boscosa (bosque secundario) en la Microcuenca Las Minas durante el periodo de 1989 a 2008**

CORPONARIÑO 2004, en un estudio de análisis multitemporal para la microcuenca Las Tiendas (cuenca alta del río Pasto) en el periodo de 1989 a 2002, reportó que se desaparecieron 322 hectáreas de bosque y páramo; y el 53% del uso del suelo se encuentra en conflicto. La pérdida de área para esta microcuenca es de 13%, mientras que para la microcuenca Las Minas es de 9.8% en el mismo periodo; valores que no difieren en más del 5% y además demuestran que en esta zona se ha venido presentando el fenómeno de la deforestación. Castillo y Pinta (2005) en el análisis multitemporal del cambio de uso del suelo con relación a la cobertura vegetal protectora de la microcuenca Las Tiendas, cuenca alta del río Pasto, identificaron que en 13 años el grado de deforestación fue de 321.98 ha que equivalen a 24.76 has año y de 2 has al mes.

Tanto los resultados de Corponariño 2004, como de Castillo y Pinta 2005 sustentan que en la mayor parte de la cuenca alta del río Pasto, a la cual pertenece la microcuenca Las Minas, se presenta pérdida del recurso bosque. CORPONARIÑO (2002-2012) en el Plan de Gestión Ambiental Regional, menciona que en Nariño anualmente se talan aproximadamente unas 10.000 hectáreas de bosques, de manera lícita e ilícita. Situación que en la microcuenca Las Minas se pudo observar, puesto que la comunidad que habita la microcuenca extrae leña tanto de sus predios, como de lugares donde no es permitido.

En la figuras 2 se puede observar los cambios en la cobertura de bosque que se ha dado por la ampliación de la frontera agrícola y la extracción de madera debido a que los pobladores de la Vereda Alto San Pedro y pobladores de veredas vecinas dependen de la venta del cultivo de papa, la cual al bajar el precio en el mercado no cuentan con el dinero necesario para adquirir gas y acuden al uso de leña como combustible, ya sea comprada o extraída directamente del bosque. En la figura 3 se aprecia la diferencia en la cobertura boscosa entre el año 1989 a 2008.

**Cobertura de pastos.** La cobertura de pastos en la microcuenca ha variado durante el periodo analizado, puesto que en 1989 había 93.21has (24.76% del área total) tanto natural (Kikuyo, *Pennisetum Clandestinum*, 86.67has), como mejorado (Rey Grass, *Lolium Perenne*, 6.54has). El aumento de pastos en la microcuenca ha sido continuo con un promedio de 2.54 has por año, excepto en el año 2005 donde hubo una disminución de 4.88 has con respecto al valor del 2003; el aumento mas considerable se da desde el año 2002 al 2003 con un incremento de 13 has en solo un año (Figura 4).



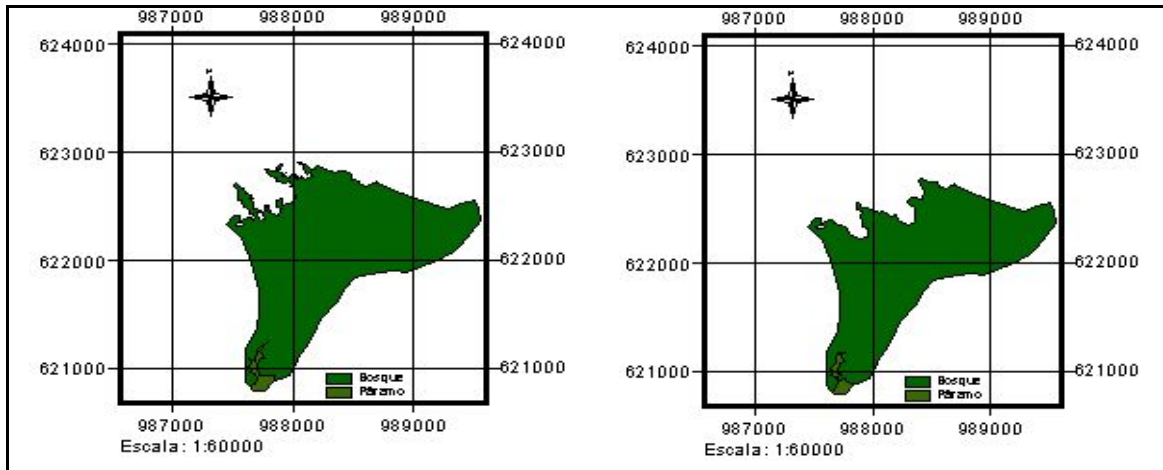


Figura 2. Cambios de cobertura de bosque en la microcuenca Las Minas desde 1989 a 2008

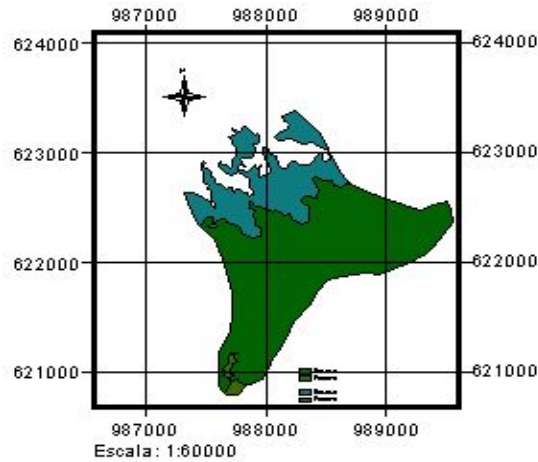
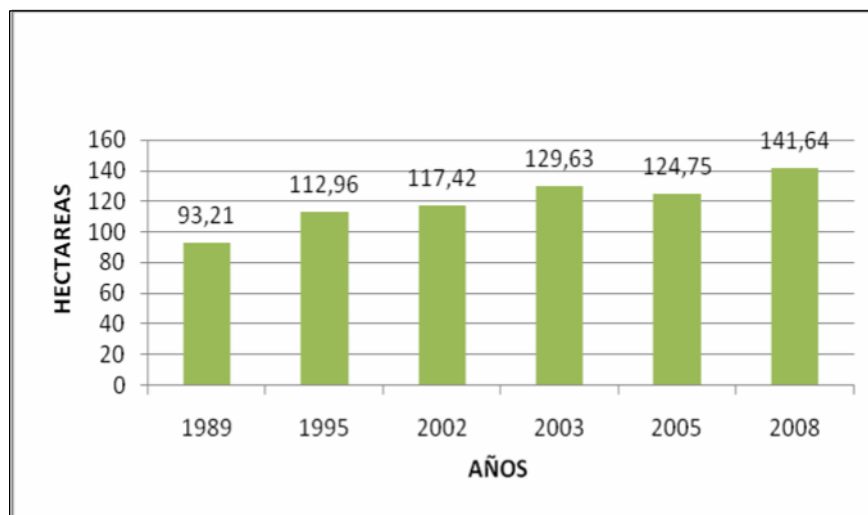


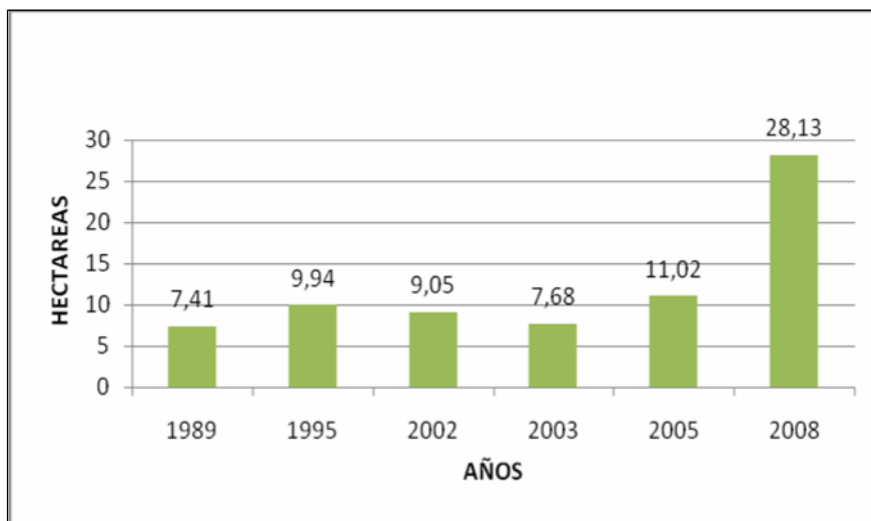
Figura 3. Diferencia de cobertura boscosa durante el periodo de 1989 a 2008 (el azul representa la cobertura de bosque que desapareció en el lapso de este tiempo)



**Figura 4. Cambios de la cobertura de pastos en la Microcuenca Las Minas durante el periodo de 1989 a 2008**

**Cobertura de cultivos.** De acuerdo con el levantamiento del uso actual del suelo del año 2008 y con información suministrada por la comunidad asentada en la microcuenca se determinó que el cultivo más representativo es la papa, seguida de la cebolla y algunas hortalizas como el repollo. Para este estudio se agruparon en una sola clase “cultivos”, puesto que es muy difícil discriminar los diferentes tipos de cultivos por la resolución de las imágenes.

Este tipo de cobertura ha tenido una gran variación durante el periodo de estudio. Para el año 1989 habían 7.41 has de cultivos, y en seis años se aumentaron a 9.94 has; en los siguientes años 2002 y 2003 bajo a 9.05 y 7.68 respectivamente. Para el 2005 esta cobertura se incremento a 11.02 has; ocurriendo el aumento mas considerable en el año 2008, puesto que aumentó a 28.13 has que corresponde al 7.41% del área total de la microcuenca (Figura 5).



**Figura 5. Cambios de la cobertura de cultivos en la Microcuenca Las Minas durante el periodo de 1989 a 2008**

## CONCLUSIONES

Debido ha algunos proceso antròpicos como las prácticas inadecuadas de producción, la deforestación, el aumento de la ganadería y la agricultura al igual que el desarrollo no planificado, causaron que en la microcuenca Las Minas haya una disminución 58.51has de bosque secundario, con una deforestación por año de 3.08 has. Ocasionando problemas sociales



y ambientales, los cuales no solamente repercuten al corregimiento de La Laguna, sino también en la ciudad de Pasto.

La pérdida de la fertilidad de los suelos y los altos costos en la producción, es una situación que obliga a los cultivadores a extraer leña del bosque para ser utilizada como combustible, ampliando cada vez más la frontera agropecuaria en busca de tierras fértiles.

El análisis multitemporal de fotografías aéreas e imágenes satelitales es una herramienta importante para monitorear los cambios en el uso del suelo y de cobertura boscosa a través del tiempo y espacio, dando una visión objetiva en la toma de decisiones en el momento de realizar proyectos sostenibles para conservar los recursos naturales.

La falta de proyectos que incluyan a la comunidad en la sensibilización y el manejo sostenible de los recursos naturales, es una medida que se debe establecer dentro del plan de desarrollo municipal, POT y más importante aún, en los planes de ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas.

La información de imágenes satelitales y fotografías aéreas de la cuenca alta del río Pasto es muy escasa y difícil de conseguir, por lo tanto es importante generar este tipo de bases de datos

## BIBLIOGRAFÍA

Análisis Multitemporal, Organización de Naciones Unidas. 2000, [en línea] [citado 13 de julio], Disponible en World Wide Web <http://www.biesimci.org/SIMCI/glosario>.

CASTILLO, Martha.; PINTA, Juan; Análisis multitemporal del uso del suelo con relación a la cobertura vegetal protectora de la microcuenca las tiendas, cuenca alta del río pasto. Pasto, 2005, 136 p. Trabajo de grado (Geógrafo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Humanas.

CHUVIECO, Emilio. Teledetección ambiental citado por CASTILLO, Martha y Pinta, Juan. 2005. Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo con relación a la cobertura vegetal protectora. Trabajo de grado (Geógrafo). Página 34, 35.

CORPONARIÑO, 2008 Actualización del plan de ordenamiento y manejo la cuenca del río Pasto

CORPONARIÑO, 2005 Formulación plan de ordenamiento y manejo ambiental de la cuenca Guachucal, municipio de Pasto.

CORPONARIÑO, 2004 Actualización plan de ordenamiento cuenca alta del río Pasto.

CORPONARIÑO, 2002 Plan de manejo del corredor andino amazónico páramo de bordoncillo-cerro de patascoy, la cocha como ecoregión estratégica para los departamentos de Nariño y putumayo, Pasto.

Evaluación del espacio temporal de la vegetación. En: Red de revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Universidad Autónoma del estado de México. En línea: <http://www.redalyc.uamex.mx>

Fotointerpretación: [en línea]. Los sistemas de información geográfica en la agricultura [Citado 8 de marzo] Disponible en World Wide Web: <http://www.monografias.com/trabajos39/fotointerpretación>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi: implementación de un sig. [en línea]. [citado 10 de marzo], Disponible en World Wide Web <http://www.udistrital.edu.co/comunidad/profesores/rfranco/intro.htm>

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. IGAC. Conceptos básicos sobre sistemas de Información Geográfico y aplicaciones en América Latina, Santa Fe de Bogotá D.C, Colombia 1995. 11p.

KAIRUZ, Gustavo. Los sistemas de información geográfica en la agricultura. En: Agroavances: revista de la facultad de ingeniería agronómica universidad del Tolima. Vol. 1 (oct.- dic. 1996). P. 22-26.

MENESES, Jenny.; CHAMORRO, Luz; Análisis multitemporal del páramo azonal en la vereda Santa Lucia del corregimiento del Encano, municipio de Pasto, con respecto a la perdida de la cobertura vegetal, a través de la implementación de un sig. Pasto, 2005, 85p. Trabajo de grado (geógrafo).Universidad de Nariño. Facultad de ciencias humanas.

TREJOS, Noel, dinámica del uso de la tierra e identificación de las áreas críticas de la región de playa venado, provincia de Los Santos, república de Panamá, 2004. Trabajo de grado

Plan de Gestión Ambiental Regional [en línea]. [citado 10 de mayo], Disponible en World Wide Web <http://corponarino.gov.co/modules/mimodulo/fuentes/pgar.php>

Problemas Ambientales en el Municipio de Ipiales. En Revista Nariño. [en línea]. [citado 8 de junio], Disponible en World Wide Web. <http://www.ipitimes.com/problemasambientalesb.htm>

RUIZ. S, et al, Tecnología Satelital Para Determinar El Uso Actual Del Suelo En México. México 2002. p 37: [en Línea]: Disponible en World Wide Web <http://www.espejos.unesco.org.uy/simplac2002/Ponencias/Geom%E1tica%202002/GE139.doc>