

## TÍTULO

DETECCIÓN DE CAMBIOS EN LA COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO EN LA MICROCUENCA LAS PIEDRAS, MUNICIPIO DE TANGUA, NARIÑO, COLOMBIA, ENTRE LOS AÑOS 2002 – 2012

## AUTORES

CARLOS ALBERTO TORRES BURBANO<sup>1</sup> (carlosalt18@hotmail.com)  
VIVIANA DEL PILAR GUZMÁN VALLEJO<sup>2</sup> (viviangv15@hotmail.com)

## RESUMEN

Existe una sustancial variabilidad en la cobertura vegetal en la microcuenca las Piedras, vereda las Piedras, Municipio de Tangua, generada principalmente por la intervención de los habitantes, expresada en deforestación, manejo inadecuado de los recursos naturales y expansión de la frontera agrícola; además, el municipio de Pasto, contempló como objetivo prioritario y a corto plazo el abastecimiento de agua para la ciudad, desde esta zona; hasta el momento, en la microcuenca Las Piedras los procesos de planificación no son significativos, las autoridades competentes no aseguran en el futuro el establecimiento de sistemas de gestión y control, en cuanto al uso y manejo local de la cobertura vegetal; lo cual conllevará a una vulnerabilidad y deterioro acelerado de dichos recursos.

Para la conservación y el mantenimiento de los recursos naturales, es necesario estudiar y analizar toda la unidad hidrográfica en el sistema en el cual se desarrolla; contando para ello con el conocimiento adecuado de sus recursos y del sistema de relaciones entre elementos naturales y antrópicos. En la búsqueda de este propósito se aplicó un análisis multitemporal supervisado, basado en el reconocimiento de firmas espectrales de imágenes de satélite LANDSAT TM y ASTER, de los años 2002 y 2012, determinando la clasificación y la supervisión en campo de las coberturas vegetales encontradas en la microcuenca en el lapso de tiempo estudiado; hasta el momento se presenta el estudio parcial para el primer periodo.

Como resultado de este proceso se realizó una aproximación del estado actual de conservación en la microcuenca las Piedras, se identificó el 28,95% correspondiente a 501,27 Ha del total de 1.731,52 Ha. que presentaron cambios en la cobertura vegetal en el lapso de los primeros 13 años analizados. Muchos de estos procesos de cambio tuvieron sus causas en la extracción de madera para la producción de leña y carbón vegetal y, las prácticas agropecuarias que no son las más apropiadas para un adecuado manejo en la zona de estudio.

## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los sistemas naturales poseen una estructura que depende de la interacción de componentes biológicos y no biológicos, están caracterizados por procesos de equilibrio dinámico que definen su funcionamiento. Las actividades humanas, en general, pueden modificar esta situación de equilibrio lo que ocurre en la mayor parte de los sistemas naturales de nuestra región y en especial en la microcuenca Las Piedras. En

---

<sup>1</sup> Docente, investigador Grupo GEOCUENCA, Departamento de Geografía, Universidad de Nariño; e-mail: carlosalt18@hotmail.com.

<sup>2</sup> Geógrafa, Universidad de Nariño, integrante grupo de investigación GEOCUENCA; e-mail: viviangv15@hotmail.com.

algunos, el grado de transformación artificial es máximo, tal y como ocurre con el páramo; en otros, el impacto ambiental producido por el cambio es tan importante que resulta muy difícil retroceder a situaciones primitivas o anterior. Los cambios producidos en el paisaje nativo de esta área se originan fundamentalmente, por el avance de la frontera agropecuaria ocurrido en las últimas décadas y a las prácticas de quema de los páramos y extracción de madera para leña y producción de carbón vegetal. Los ecosistemas naturales de esta área presentan en la actualidad un estado de desequilibrio ambiental crítico, producto del manejo irracional de los recursos, con consecuencias de deterioro y degradación severas. La degradación resulta de combinar características propias del medio y de la evolución agrícola, revelando que la modificación del paisaje conduce a estados cada vez más inestables y a una necesaria reorganización que favorece la aparición de procesos erosivos. (Collado y Dellafiore, 2000). Aunque en Las Piedras se destacan los procesos de erosión hidrogravitatorios como factores de degradación edáfica; además, se acentúa por la compactación del suelo como resultado de las actividades pecuarias.

## RESULTADOS Y ANALISIS

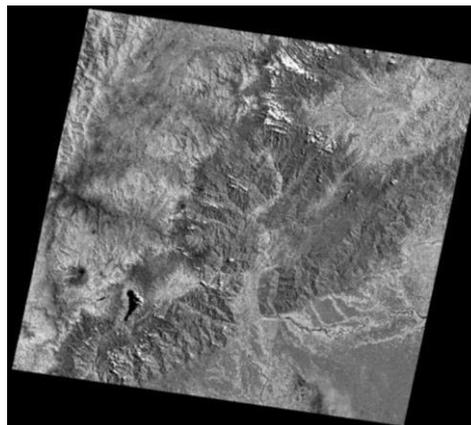
### PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.

En un comienzo, se realizó una ventana de trabajo a partir del cuadrante II de la imagen LANDSAT TM de 2002, donde se aplicaron algoritmos que permitieron hacer correcciones (de tipo radiométricas y geométricas), mejoramientos, análisis de componentes principales (ACP). Las correcciones geométricas utilizadas corresponden al sistema de proyección MAGNA Sirgas con origen Oeste, dando lugar a una imagen georeferenciada, con un error medio cuadrático de 0.8, el cual se considera aceptable para la zona.

Al momento de establecer la banda de mayor contraste pudo determinarse que la TM4 es la que mejor presenta dicha condición, corroborado posteriormente con el cálculo estadístico de las imágenes mediante el análisis de la ecualización de los histogramas y la expansión lineal de cada imagen, determinando así que en comparación con las demás, ésta presenta mayor claridad para el trabajo digital; por lo tanto se puede decir que ésta banda, presenta un histograma más amplio y mejor distribuido.

Al mejorar la resolución de las imágenes, se recurrió al procedimiento de expansión lineal que se aplicó al 1%, obteniendo así la ampliación del dominio a 256 niveles digitales visuales disponibles y sin afectar la forma del histograma, el cual se conservo adecuadamente.

Banda TM4

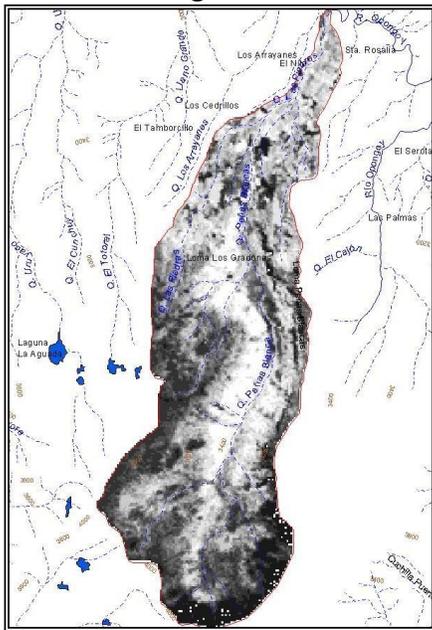




Fuente: Esta investigación

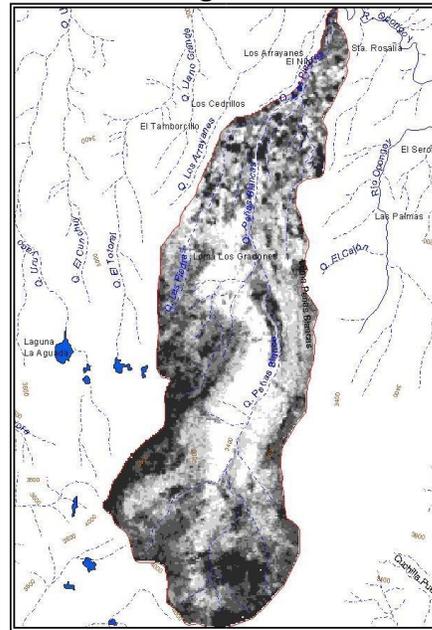
Para facilitar el proceso en la determinación de las categorías para la identificación de las coberturas vegetales se apoya el proceso anterior en la determinación del coeficiente de índice de vegetación (CIV), permitiéndonos identificar y determinar la presencia de vegetación en la zona en donde los valores de mayor contraste indican un mayor nivel o probabilidad de existencia de cobertura vegetal, un menor contraste, lógicamente, indica menor presencia de vegetación. Mediante la escala de grises, el CIV muestra la vegetación en tonos más claros y en donde el azul y negro indican más humedad dentro de la imagen procesada mediante algoritmos de vegetación. El CIV se basa principalmente en las bandas correspondientes al infrarrojo de donde obtiene las respuestas altas; las respuestas bajas, son obtenidas por medio del espectro del rojo.

CIV imagen 2012



Fuente: Esta investigación

CIV imagen 2011



Fuente: Esta investigación

*Definición digital de las categorías (fase de entrenamiento):* En las imágenes Landsat se inició con una clasificación supervisada. A partir de esta clasificación se generaron las categorías apropiadas de cobertura y uso del suelo; las cuales muestran de manera general una aproximación de la cobertura vegetal, a una escala aproximada de 1:50.000.

*Agrupación de los píxeles de la imagen por categorías (fase de asignación):* A partir de la fase de entrenamiento se asignaron las categorías al resto de la imagen. El criterio empleado para definir los límites entre clases fue el de máxima similitud, en donde el píxel se asigna a aquella clase con la que posee mayor probabilidad de pertenencia. La clasificación supervisada por ser un proceso definido como una operación de relación y comparación, permite agrupar a todas las regiones que presenten características semejantes en un mismo grupo, definidas como clases; las cuales se definen en función del objeto de estudio. Para esta fase, partiendo de las categorías establecidas en el paso anterior, se discriminan las clases de coberturas de una manera más detallada y acorde a la realidad, apoyada en el trabajo investigativo de campo. En esta etapa se comparan diferentes algoritmos de clasificación con el fin de establecer el complejo comportamiento espectral de las diferentes coberturas vegetales presentes

en la microcuenca y que se necesitan identificar. Al realizar la clasificación, el programa (ERDAS 2011®) asigna a todos los píxeles de la imagen la clase que corresponda.

*Elaboración del mapa preliminar:* Las imágenes clasificadas y recodificadas fueron convertidas de formato raster a formato vector a través de un proceso automatizado, para originar las respectivas coberturas en relación con la delimitación del área de trabajo y su posterior edición.

*Elaboración de los mapas finales: Verificación en campo:* La verificación se realizó de forma estratificada, con énfasis en aquellas unidades cartográficas, donde la respuesta espectral de las clases no permitía su completa identificación y con menor detalle en aquellas unidades que no presentaban confusión espectral. Las áreas que en las imágenes aparecían cubiertas por nubes al igual que las sombras fueron verificadas estableciendo sus correspondientes coberturas con el fin de evitar el sesgo en el análisis multitemporal y por consiguiente tener datos reales de las coberturas. Para el caso de la imagen de 2011, se recurrió a entrevistas con los pobladores con el fin de establecer información real a la época. El sistema de GPS, se utilizó de manera integrada al SIG (sistema de posicionamiento global) para tomar las áreas de entrenamiento (muestras de clase) en tiempo real y con sus respectivas coordenadas geográficas; estableciendo de este modo información georeferenciada, acorde a la realidad actual.

*Ajuste de la clasificación:* Para continuar el proceso anterior, se asignaron áreas de entrenamiento a las categorías establecidas, utilizando la técnica de la clasificación supervisada mediante el criterio de máxima similitud. Posteriormente, se procedió a la aplicación de filtros de generalización y a la realización de una vectorización corregida. Dicho procedimiento se realizó con el uso del GPS estableciendo mediante coordenadas planas, puntos estratégicos para la ubicación de las coberturas presentes en la actualidad, permitiendo de esta manera identificar el color correspondiente a dicha cobertura en las imágenes satelitales, además de la identificación taxonómica de muestras botánicas de material existente en cada zona de la vegetación presente en cada cobertura, identificadas en el Herbario PSO de la Universidad de Nariño, permitiendo georeferenciarlas e identificarlas por el establecimiento de sus límites según las diferencias en la vegetación, mediante un exhaustivo recorrido del área verificada.

*Edición de la cartografía final:* Como consecuencia de los dos anteriores procesos, se hizo necesaria la actualización de los datos gráficos, ya sea en cuanto, cartografía base, como datos gráficos específicos, ante los continuos cambios detectados en el terreno y la incorporación de los nuevos datos obtenidos por la revisión de campo. Una vez establecido el perfecto estado de la cartografía en su aspecto métrico y de información, se procedió a la incorporación de nuevos datos gráficos mediante su digitalización, los datos capturados se organizaron y estructuraron en niveles de acuerdo con las necesidades del proyecto, obteniendo de esta manera los correspondientes mapas que ilustran la presente investigación. Es necesario mencionar que para el análisis se estableció como unidad mínima de mapeo la hectárea ya que la distribución en la tenencia de la tierra según información predial, no existen propiedades menores a esta unidad de medida; por lo tanto, y teniendo en cuenta que el tamaño del pixel (30x30m) en las imágenes de satélite es menor a la hectárea facilita el análisis en las coberturas vegetales, principalmente para cultivos y pastos.

## EVALUACION DE CAMBIOS

De acuerdo a la aplicación de la metodología Europea para el inventario de coberturas Corine Land Cover y adaptada para Colombia, en un principio permitió la categorización de dos grandes coberturas vegetales iniciales, las cuales posteriormente mediante la clasificación supervisada, facilitó el establecimiento de

diez clases finales de cobertura. Las dos grandes categorías fueron definidas como bosques y áreas seminaturales y territorios agrícolas.

#### Grandes coberturas vegetales en la microcuenca Las Piedras

CATEGORIAS DE ENTRENAMIENTO	1989	2002
	AREA Ha	AREA Ha
Bosques y áreas seminaturales	1441,42	1423,38
Territorios agrícolas	290,10	308,13
<b>TOTAL</b>	<b>1731,52</b>	<b>1731,52</b>

Fuente: Esta investigación.

Este primer proceso de forma general, evidenció cambios directos presentados en la microcuenca Las Piedras.

Clasificación supervisada de coberturas en la microcuenca Las Piedras. A partir del procesamiento digital de las imágenes del sensor, se obtuvieron diez clases finales de cobertura, las cuales se explican con su correspondiente símbolo cartográfico de la siguiente manera:

#### Coberturas obtenidas de la clasificación supervisada en la microcuenca Las Piedras

Corine Land Cover			Símb. Cartográfico	Area Ha.		
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3		1989	2002	Dif. Area
TERRITORIOS AGRICOLAS	Cultivos anuales o transitorios	Cultivos anuales o transitorios	Cat	251,27	236,61	14,66
	Pastos	Pastos limpios	Pl	38,83	71,51	-32,68
BOSQUES Y AREAS SEMI NATURALES	Bosques	Bosque natural denso	Bnd	215,89	171,31	44,58
		Bosque natural fragmentado	Bnf	208,36	267,36	-59,01
		Bosque de galería y/o ripario	Bgr	23,84	26,28	-2,44
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Arbustos y matorrales	Am	4,17	2,41	1,76
		Vegetación de páramo	Vp	344,82	276,45	68,37
		Vegetación de subpáramo	Vsp	638,56	678,64	-40,08
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Tierras desnudas o degradadas	Td	4,68	0	4,68	
SUPERFICIES DE AGUA	Aguas continentales	Lagunas, lagos y charcas	LCh	1,10	0,94	0,16
<b>TOTAL</b>				<b>1731,52</b>	<b>1731,52</b>	

Fuente: Esta investigación

En los estudios de análisis multitemporal, es indispensable establecer las variaciones o datos de ocurrencia de cambios en las coberturas vegetales, facilitando así, la toma de decisiones en el proceso de

categorización de las mismas. Los datos presentados a continuación, muestran las áreas de ocurrencia de cambios y aquellas que mantuvieron su cobertura; obtenidos sobre el total del área de estudio, que abarcó una superficie de 1731,52 hectáreas.

Porcentaje de cambio en la cobertura vegetal en la microcuenca Las Piedras

<b>TIPO DE OCURRENCIA</b>	<b>Ha</b>	<b>%</b>
Con Cambios	501,27	28,95
Sin Cambios	1230,25	71,05
<b>TOTAL</b>	<b>1731,52</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Esta investigación.

De acuerdo a la metodología de análisis supervisado, mediante el cruce de los mapas de clasificación de coberturas de los años 1989 y 2002 se obtuvieron 41 tipos diferentes de topologías; de las cuales, siete corresponden a zonas que conservaron su cobertura y las 33 restantes a los diferentes tipos de cambios; analizados independiente a continuación.

Áreas de cobertura vegetal sin cambios (SC) en la microcuenca Las Piedras

<b>AREAS SIN CAMBIO</b>	<b>SIM. CART.</b>	<b>AREA_Ha</b>	<b>%</b>
Sin Cambios Arbustos y matorrales	SCAm	0,80	0,05
Sin Cambios Bosque de galería y/o ripario	SCBgr	15,69	0,91
Sin Cambios Bosque natural denso	SCBnd	118,23	6,83
Sin Cambios Bosque natural fragmentado	SCBnf	136,73	7,90
Sin Cambios Cultivos anuales o transitorios	SCCat	180,61	10,43
Sin Cambios Lagunas, lagos y charcas	SCLCh	1,71	0,10
Sin Cambios Pastos limpios	SCPI	13,77	0,80
Sin Cambios Vegetación de páramo	SCVp	222,75	12,86
Sin Cambios Vegetación de subpáramo	SCVsp	542,57	31,33
<b>TOTAL</b>		<b>1232,86</b>	<b>71,20</b>

Fuente: esta investigación.

CAMBIOS PRESENTADOS EN LA MICROCUENCA LAS PIEDRAS

Bosque natural denso a Bosque natural fragmentado (Bnd a Bnf) y Bosque natural denso a Bosque de galería y/o ripario (Bnd a Bgr). Se localizan entre los 2850 a 3600 msnm, en las veredas de las Palmas y las Piedras, cuenca media de la quebrada Peñas Blancas y la quebrada Las Piedras, estos cambios representan el 4,13% (71,54Ha) y 0,05% (0,85 Ha) respectivamente de la superficie de la microcuenca; se precisó en aquellas áreas en donde la vegetación de especies vegetales arbóreas se explotó para la obtención de leña y carbón, iniciándose un proceso de regeneración natural; volviendo a colonizarse estas

áreas por especies que al año 2002 cuentan con un desarrollo de tipo arbustivo, acentuándose este cambio en la vereda las Palmas.

Bosque natural denso a Cultivos anuales o transitorios (Bnd a Cat). Se encuentra ubicado a 2850 hasta 3500 msnm, en los límites de las veredas Las Palmas, Piedras y Santarosalía, está representado por el 0,10% (1,69 Ha) en este cambio, se refleja en la actitud de los pobladores de la microcuenca en dedicarse netamente a un medio de subsistencia estable y rentable, manifestado durante más de cinco décadas en la explotación del bosque en áreas que por las características orográficas abruptas no permiten el desarrollo de adecuadas prácticas agrícolas; mientras que los terrenos dedicados a cultivos son áreas levemente inclinadas, de fácil acceso y que proporcionan la introducción de medios mecanizados de labranza.

Bosque natural denso a Vegetación de páramo (Bnd a Vp). Se encuentra en las veredas Las Palmas y Las Piedras, entre los 3350 y 3550 msnm. Este cambio corresponde al 0,08% que representa 1,37 Ha de Bosque natural denso que pasó a cobertura de Vegetación de páramo; resultante de la influencia directa del ser humano que conlleva a la presencia de procesos de paramización, en donde la vegetación típica paramuna invade las zonas deforestadas sin la existencia de competencia de colonización.

Bosque natural denso a Pastos limpios (Bnd a Pl). Se presenta en las veredas de Santa Rosalía y las Piedras, estos son relictos que fueron talados y que se encuentran cerca a las riveras de los afluentes de la microcuenca. Este cambio dio su ocurrencia en 0,04 Ha en las estribaciones de la parte baja de la microcuenca, entre los 3050 y 3500 msnm en áreas donde existía una cobertura de bosque de galerías, el cual fue talado, ampliando la cobertura de pastos; ya que muchas de las áreas dispuestas a la actividad ganadera llegan hasta la orilla de las fuentes hídricas.

Bosque natural denso a Vegetación de subpáramo (Bnd a Vsp). Se encuentra en mayor proporción en la vereda las Palmas, extendiéndose cerca a la rivera de la quebrada Peñas Blancas y hacia la parte alta de la loma del mismo nombre; en las estribaciones de la loma Los Gradones, compartiendo este proceso en la vereda las Piedras, entre los 3500 y 3600 msnm. Después de procesos de deforestación algunas áreas son colonizadas por nuevas especies vegetales principalmente de tipo arbustivo (ericáceas) en donde, debido a la gran presencia de humedad la imagen del sensor capta estas áreas con una cobertura diferente, para lo cual con el trabajo de campo pudo corroborarse; localizados hacia la parte alta de la quebrada Peñas blancas y alta de la quebrada Las Piedras. El porcentaje de cambio registrado es de 1,28% que equivale a 22,19 Ha.

Bosque natural fragmentado a Arbustos y matorrales (Bnf a Am). Corresponden a pequeñas áreas que después de haber alcanzado a través del proceso de sucesión natural un buen desarrollo, vuelven a ser talados con fines extractivos principalmente para leña y algunas actividades agropecuarias, representadas en 0,08 Ha.

Bosque natural fragmentado a Bosque natural denso (Bnf a Bnd) . Se localiza hacia la parte media de la microcuenca entre las veredas las Palmas y las Piedras, en la loma de Peñas Blancas y loma los Gradones, en la divisoria de aguas, de las quebradas Peñas Blancas y las Piedras, se encuentra entre los 3300 a 3600 msnm. la superficie ocupada es de 27,44 Ha (1,58%) que cambiaron de Bosque arbustivo a Bosque Arbóreo, como resultado de la sucesión de las especies arbóreas, en donde la vegetación alcanza un desarrollo, permitiendo la existencia de árboles con alturas superiores a los 10 m. como en el caso de: *Clusia multiflora* Kunth, *Schefflera marginata* Geen & Bick., *Weinmania multijuga* Killip & Smith.

Bosque natural fragmentado a Cultivos anuales o transitorios (Bnf a Cat), Arbustos y matorrales a Cultivos anuales o transitorios (Am a Cat) y Bosque de galería y/o ripario a Cultivos anuales o transitorios (Bgr a Cat). Se ubican hacia la parte media y baja de la microcuenca principalmente en la margen de las quebradas las Piedras y Peñas Blancas, (en dirección norte de la zona de estudio), entre los 2850 a 3600 msnm, se presentan estos cambios en un 1,46% (25,20 Ha); 0,17 % (2,92 Ha) y 0,34% (5,81 Ha) respectivamente como resultado de la rotación de cultivos transitorios como la papa y el haba, después de un descanso prolongado de cinco años, donde la vegetación que aparece vuelve a talarse para la implementación de nuevas actividades agrícolas.

Bosque natural fragmentado a Vegetación de páramo (Bnf a Vp). Este cambio se da solo en la vereda Las Palmas, hacia la zona media de la microcuenca entre la loma los Gradones y la Loma Peñas Blancas, esta zona se encuentra entre los 3250 y 3350 msnm. Son aquellas zonas de mayor influencia antropica, donde la cobertura de bosque arbustivo cambió bruscamente como resultado de que la vegetación propia de páramo invadió las zonas taladas y se encontraban en recuperación, proceso que se conoce como paramización, pasando de una cobertura a otra; para cuyo caso sucedió en 5,68 Ha (0.33%).

Bosque natural fragmentado a Pastos limpios (Bnf a Pl), Arbustos y matorrales a Pastos limpios (Am a Pl) y Bosque de galería y/o ripario a Pastos limpios (Bgr a Pl). Localizados hacia la cuenca baja en las estribaciones de las quebradas Agua Clara, Peñas Blancas y las Piedras, entre los 2850 a 3500msnm. De forma similar que en el cambio de Arbustos y matorrales a Cultivos anuales o transitorios, los terrenos que se los dejo descansar, vuelven a utilizarse en las actividades pecuarias acorde a al mercado de los productos lácteos y las necesidades de forraje; estos cambios se presentaron en 7,62Ha (0,44%); 0,45 Ha (0.03%) y 2,34 Ha (0,14%) respectivamente.

Bosque natural fragmentado a Vegetación de subpáramo (Bnf a Spr). Se localizan hacia la cuenca media entre los 3250 y 3600 msnm, entre la quebrada Peñas Blancas y la loma Los Gradones, presentando mayor presencia en las Palmas y en menor escala en las Piedras. Como resultado del proceso de paramización derivados de la antropización de ecosistemas de alta montaña, la vegetación característica del subpáramo traspasa límites altitudinales, adaptándose de mejor manera a las especies de selva alto andina, logrando así que dichas áreas que para 1989 se encontraban en proceso de regeneración, para el 2002 se presenten como áreas de subpáramo (5,60 Ha).

Cultivos anuales o transitorios a Arbustos y matorrales (Cat a Am); Cultivos anuales o transitorios a Bosque de galería y/o ripario (Cat a Bgr) y Cultivos anuales o transitorios a Bosque natural fragmentado (Cat a Bnf). Estos cambios se ubican en la zona baja de la microcuenca en las riveras de las fuentes hídricas y en áreas abiertas de las veredas las Palmas y las Piedras, entre los 2850 a 3450 msnm. Después de cultivar de forma transitoria y por una labranza excesiva, muchos terrenos se tienen que dejar en descanso prolongado de 5 a 10 años; estas áreas, de forma natural son colonizadas por especies arbustivas ocasionando este tipo de cambio, que para el caso se presentó en una proporción de 1,13 Ha (0,07%); 8,02 Ha (0,46%) y 14,42 Ha (0,83%) respectivamente. Es necesario aclarar que aunque es una regeneración transitoria debido a la vocación agrícola de la zona, la imagen del satélite capta la reflectancia en el espectro como áreas con especies vegetales en proceso de sucesión o regeneración.

Cultivos anuales o transitorios a Pastos limpios (Cat a Pl). Estas áreas transitorias se encuentran entre los 2950 a 3450msnm, en inmediaciones de la vereda Santa Rosalía y el extremo norte de las veredas las Piedras y las Palmas. Como se explica en casos anteriores, los cultivos permiten que los terrenos se dejen

en reposo por algún periodo de tiempo, ocasionando que éstos se cubran de pastos naturales; en algunos casos debido a pérdidas en las cosechas, los propietarios cambian a la actividad pecuaria sembrando pastos mejorados. Situación que se presenta en 47,09 Ha (2,72%).

Vegetación de páramo a Bosque natural fragmentado (Vp a Bnf). Este cambio se presenta en la vereda las Palmas, en la quebrada Peñas blancas y en el fondo del valle glaciar; a una altitud de 2250 y los 3400 msnm. Así, mismo en la vereda las Piedras entre los 3400 y 3600msnm, en la loma los Gradones. El páramo como tal se constituye en un ecosistema acumulador y regulador de agua, razón por la cual los habitantes en su intento por aumentar el potencial agrícola, realizan un drenado del páramo mediante la implementación de canales o acequias, ocasionando una alta disminución en la humedad del suelo; proceso que se agrava cuando los terrenos son abandonados debido a la baja rentabilidad agrícola, dando paso a una vegetación arbustiva y no la típica del páramo. Este cambio se detectó en la zona central del área de estudio y abarcó una extensión de 13,41 Ha (0.77%).

Vegetación de páramo a Cultivos anuales o transitorios (Vp a Cat). Solo se localiza en la vereda las Palmas hacia la zona media de la microcuenca a una altitud de 3270 msnm. Este cambio se presenta en un 0,04% (0,70 Ha), que corresponden a zonas relativamente planas, en el fondo del valle glaciar, donde actualmente se da una creciente intervención humana, son quemadas y aprovechadas para posteriores fines agrícolas, altamente influenciadas por las actividades antropicas, permitiendo la existencia de cultivos en áreas de páramo.

Vegetación de páramo a Pastos limpios (Vp a Pl). Se ubican en la vereda las Piedras, en la loma los Gradones hacia los 3600 msnm, que corresponde a una pequeña área de 0.36 Ha (0,02%), donde después de cultivar y debido a la baja rentabilidad obtenida se abandonan estos terrenos dando paso a la aparición de pastos naturales y en algunos casos a los pastos mejorados.

Vegetación de páramo a Vegetación de subpáramo (Vp a Vsp). Se localiza desde la cuenca media hasta la cuenca alta, entre los 3300 y los 4000msnm, en las veredas de las Piedras y con mayor representatividad en la vereda las Piedras Blancas. Dentro del mismo proceso de antropización de los páramos, de forma contraria, estos ecosistemas al ser intervenidos pierden sus características como la humedad del suelo debido a procesos de secamiento, ocasionando la invasión de especies vegetales características del subpáramo. Este cambio se presenta en un 6,18% equivalente a 107,07 Ha.

Pastos limpios a Arbustos y matorrales (Pl a Am); Pastos limpios a Bosque de galería y/o ripario (Pl a Bgr) y Pastos limpios a Bosque natural fragmentado (Pl a Bnf). Se ubican en la parte baja de la microcuenca entre las veredas las Palmas, Santa Rosalía y las Piedras, entre los 3000 y 3500 msnm. Con el propósito de recuperar la fertilidad del suelo de las áreas sometidas a actividades agropecuarias, los habitantes las dejan en descanso por largos periodos; ocasionando de manera natural, la aparición de arbustos de especies colonizadoras. Manifestándose este cambio en 0,15 Ha (0,01%); 8,88 Ha (0,05%) y 4,66 Ha (0,27%) respectivamente; además, se observa la recuperación de bosques de galerías aledaños a la fuente hídrica.

Pastos limpios a Cultivos anuales o transitorios (Pl a Cat). Se ubican en la parte baja al norte de la microcuenca, entre las veredas las Palmas, Santa Rosalía y las Piedras, entre los 2950 y 3400msnm. Los pastos cambiaron a cultivos en un 1,12% (19.37Ha), en la imagen de 1989 se observó la presencia de pastos y en la imagen del 2002 aparecen cubiertos por cultivos.

Tierras desnudas o degradadas a Arbustos y matorrales (Td a Am) y Tierras desnudas o degradadas a Vegetación de subpáramo (Td a Vsp). Esto corresponde a paleodeslizamientos que aparecen en la imagen de 1989, localizados en la vereda las Palmas, en laderas de las lomas Peñas Blancas y Gradones, al margen de la quebrada Peñas Blancas, entre los 3400 a 3700 msnm. Siendo afectadas 3,64 Ha (0,21%) y 1,04 Ha. (0,06%), posteriormente cubiertos por diferentes especies vegetales, supeditados a la influencia que para cada lugar se dio dependiendo de la adaptabilidad y resistencia para cada tipo de cobertura.

Vegetación de subpáramo a Bosque natural fragmentado (Vsp a Bnf). Se localiza en la cuenca media entre las veredas las Palmas y las Piedras en las laderas de las lomas Peñas Blancas y Gradones, entre los 3250 y 3650 msnm. El drenaje de la zona de subpáramo disminuye la humedad del suelo, perdiéndose la vegetación típica de este ecosistema, situación que incrementa el tiempo de recuperación de la misma. El cambio se presenta en un área de 48,72 Ha (2,81%).

Vegetación de subpáramo a Cultivos anuales o transitorios (Spr a Cat). Se encuentra en la parte media de la microcuenca en áreas aledañas a la rivera de la quebrada Peñas Blancas y de la quebrada las Piedras, entre los 3250 y 3500 msnm. Como se ya había expuesto, los ecosistemas de alta montaña se hallan sometidos a diversas actividades agropecuarias, razón que justifica el presente cambio como resultado del avance paulatino de la frontera agrícola que alcanza áreas de coberturas típicas del subpáramo. Esta área corresponde a 0.45 Ha (0.03%); además presenta pendientes en la cuenca media y alta de la microcuenca en sus vertientes laterales, razón que exige a los moradores la explotación de la parte interna del valle.

Vegetación de subpáramo a Vegetación de páramo (Vsp a Vp). Este cambio se presentó de manera generalizada en el área de estudio, cubriendo 46,75 Ha (2,70%); los recorridos por las áreas de subpáramo han permitido detectar espacios abiertos donde se han realizado disturbios con fuegos no tan frecuentes (lapsos de 2 años), y donde se han colonizado formas de crecimiento subordinadas a la vegetación natural de paramo frailejones y pajonales.

Para observar todos los cambios descritos anteriormente, se presenta como resultado final del análisis el mapa de cambios en las cuales se representan de manera tabulada y gráfica dichos procesos.

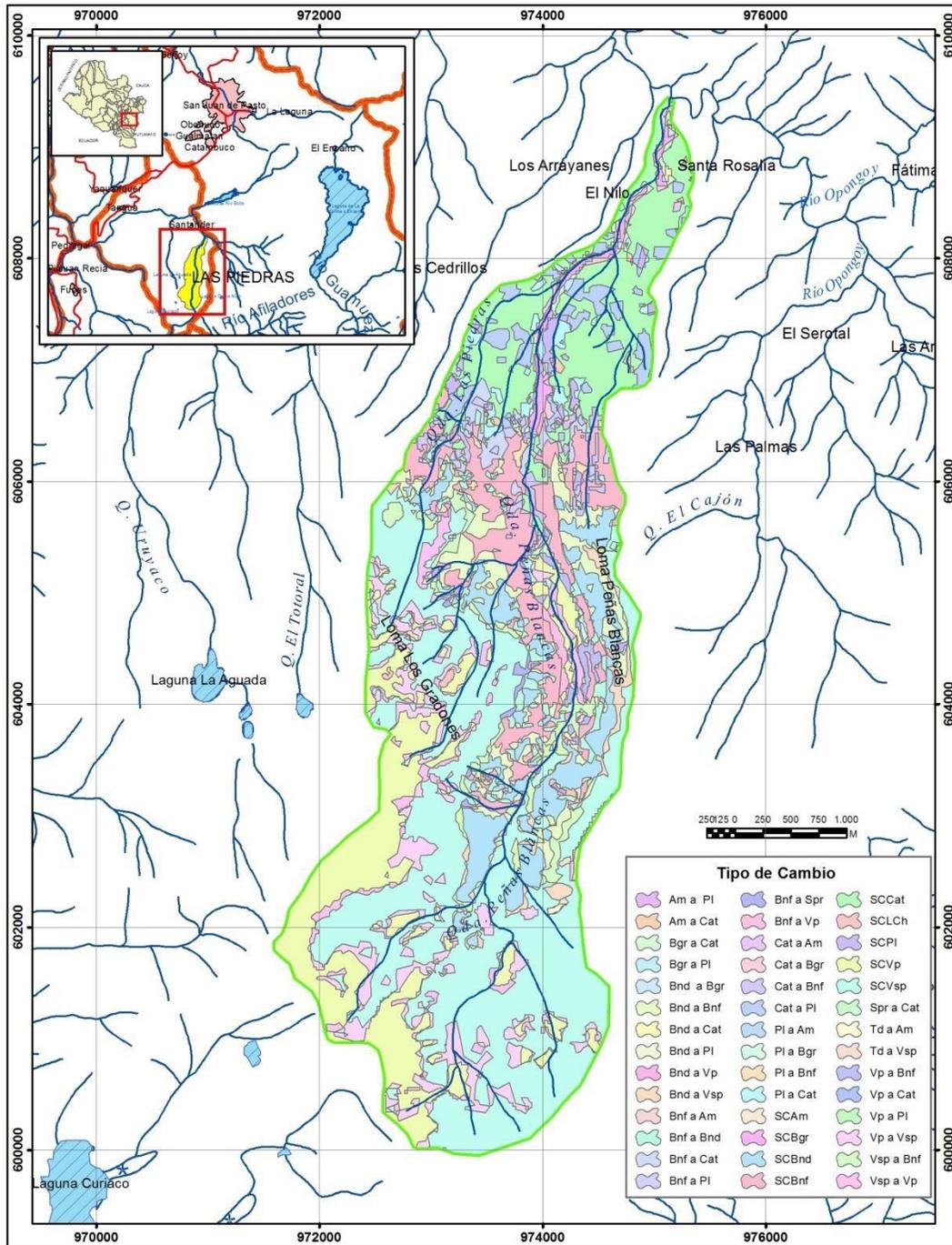
**CAMBIOS EN LA COBERTURA VEGETAL  
EN LA MICROCUENCA LAS PIEDRAS**

<b>DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO DE COBERTURA</b>	<b>SIM. CART.</b>	<b>AREA_Ha</b>	<b>%</b>
Arbustos y matorrales a Pastos limpios	Am a Pl	0,45	0,03
Arbustos y matorrales a Cultivos anuales o transitorios	Am a Cat	2,92	0,17
Bosque de galería y/o ripario a Cultivos anuales o transitorios	Bgr a Cat	5,81	0,34
Bosque de galería y/o ripario a Pastos limpios	Bgr a Pl	2,34	0,14
Bosque natural denso a Bosque de galería y/o ripario	Bnd a Bgr	0,85	0,05
Bosque natural denso a Bosque natural fragmentado	Bnd a Bnf	71,54	4,13
Bosque natural denso a Cultivos anuales o transitorios	Bnd a Cat	1,69	0,10
Bosque natural denso a Pastos limpios	Bnd a Pl	0,04	0,00
Bosque natural denso a Vegetación de páramo	Bnd a Vp	1,37	0,08
Bosque natural denso a Vegetación de subpáramo	Bnd a Vsp	22,19	1,28
Bosque natural fragmentado a Arbustos y matorrales	Bnf a Am	0,08	0,00
Bosque natural fragmentado a Bosque natural denso	Bnf a Bnd	27,44	1,58
Bosque natural fragmentado a Cultivos anuales o transitorios	Bnf a Cat	25,20	1,46
Bosque natural fragmentado a Pastos limpios	Bnf a Pl	7,62	0,44
Bosque natural fragmentado a Vegetación de subpáramo	Bnf a Spr	5,60	0,32
Bosque natural fragmentado a Vegetación de páramo	Bnf a Vp	5,68	0,33
Cultivos anuales o transitorios a Arbustos y matorrales	Cat a Am	1,13	0,07
Cultivos anuales o transitorios a Bosque de galería y/o ripario	Cat a Bgr	8,02	0,46
Cultivos anuales o transitorios a Bosque natural fragmentado	Cat a Bnf	14,42	0,83
Cultivos anuales o transitorios a Pastos limpios	Cat a Pl	47,09	2,72
Pastos limpios a Arbustos y matorrales	Pl a Am	0,15	0,01
Pastos limpios a Bosque de galería y/o ripario	Pl a Bgr	0,88	0,05
Pastos limpios a Bosque natural fragmentado	Pl a Bnf	4,66	0,27
Pastos limpios a Cultivos anuales o transitorios	Pl a Cat	19,37	1,12
Vegetación de subpáramo a Cultivos anuales o transitorios	Spr a Cat	0,45	0,03
Tierras desnudas o degradadas a Arbustos y matorrales	Td a Am	3,64	0,21
Tierras desnudas o degradadas a Vegetación de subpáramo	Td a Vsp	1,04	0,06
Vegetación de páramo a Bosque natural fragmentado	Vp a Bnf	13,41	0,77
Vegetación de páramo a Cultivos anuales o transitorios	Vp a Cat	0,70	0,04
Vegetación de páramo a Pastos limpios	Vp a Pl	0,36	0,02
Vegetación de páramo a Vegetación de subpáramo	Vp a Vsp	107,07	6,18
Vegetación de subpáramo a Bosque natural fragmentado	Vsp a Bnf	48,72	2,81

Vegetación de subpáramo a Vegetación de páramo	Vsp a Vp	46,75	2,70
<b>TOTAL</b>		<b>498,66</b>	<b>28,80</b>

Fuente: Esta investigación.

Mapa de cambios en la cobertura vegetal en la microcuenca Las Piedras.



Fuente: esta investigación.

## BILIOGRAFIA

ANTES, M. E., PERI, J. A., SERAFÍNI M. C. Detección de cambios a través del análisis multitemporal de imágenes satelitales en un sector de la provincia de San Luis. Revista de Teledetección – PRODITEL. Buenos Aires 2007.

BELLA C. M. D., POSSE G., BEGET M. E., FISCHER M. A., MARIN., VERÓN S. La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. Ecosistemas, septiembre, año/vol. 17, número 003 Asociación Española de Ecología Terrestre. Alicante, España 2008.

BERLANGA ROBLES. C.A. y RUIZ LUNA A. Análisis de las tendencias de cambio del bosque de mangle del sistema lagunar Teacapán - Agua Brava, México. Una aproximación con el uso de imágenes de satélite landsat. Revista Universidad y Ciencia - Trópico Húmedo. Mazatlán, Sinaloa, México. 2007.

BRICEÑO Francisco. Cambios de cobertura de la tierra en el valle del río Momboy, estado Trujillo. Geoenseñanza, año/vol. 8, número 001. Universidad de los Andes San Cristobal, Venezuela 2003.

CALDERÓN Verónica, SORIA Liliana, CORREA Lisete, KILLEEN Timothy. Análisis multitemporal del cambio de uso de suelo en base a Imágenes satelitales y su relación con las patentes de desmonte en el área de Concepción – San Javier en los años 1996, 1998 y 2000. Revista Kempffiana. Museo de Historia Natural Noel Kempff M. Santa Cruz, Bolivia. 2001.

CAMARGO A. Ervin, FRIEDRICH Bernardo, RUDORFF Theodor. Identificación del uso del suelo con sistemas agrícolas-pecuarios-florestales por medio de imágenes de satélite landsat y cbers. Revista INPE. São José dos Campos, Brazil 2005.

CAÑIBANO A., GANDINI M., SACIDO M., VAZQUEZ P. El crecimiento de la actividad agrícola en la cuenca del Arroyo Azul. UNCPBA. ISBN 978-950-658-195-4. Tandil, Argentina. 2001.

CASTILLO Miguel Ángel. Percepción remota. En: <http://www.ecosur.mx/ecofronteras/ecofrontera/ecofront17/pdf/remota.pdf>. 2005.

Comisión Colombiana del Espacio – CCE. Campos de Aplicación de las Tecnologías Espaciales y Aéreas de Acción de la Política Espacial. Revista Análisis Geográficos No. 35. IGAC. Bogotá 2007.

Comisión Colombiana del Espacio – CCE. Clasificación de sensoresremotos y tecnologías para observación de la Tierra. Revista Análisis Geográficos No. 40. IGAC. Bogotá 2008.

DANIELS Amy E. PROTECTED AREA MANAGEMENT IN THE WATERSHED CONTEXT: A CASE STUDY OF PALO VERDE NATIONAL PARK, COSTA RICA. Universidad de La Florida 2004.

FERNÁNDEZ C. Ignacio Alonso y HERRERO LI. Eliécer. El satélite Landsat. Análisis visual de imágenes obtenidas del Sensor ETM+. Universidad de Valladolid. Valladolid 2001.

GÓMEZ Heriberto, LINARES Rosalba, BRADSHAW Roy. El paisaje fronterizo: una visión satelital Caso San Antonio del Táchira (Venezuela) – Cúcuta (Colombia). Revista Aldea Mundo, Año 4 No. 8. Venezuela 2002.

GÓMEZ Iván, POSADA Eduardo, ARIAS Lilia, GARCÍA José. Descripción del programa de investigación en desarrollo satelital y aplicaciones en el tema de observación de la tierra. Revista Observación de la Tierra – IGAC. Bogotá 2010.

GUERRERO P. Análisis multitemporal de deforestación y fragmentación del Parque Nacional Podocarpus y su zona de amortiguamiento y las implicaciones para la conservación. Loja, Ecuador. 2009.

KLINKENBERG Brian. Characteristics of Remotely Sensed Imagery. Radiometric Resolution. 2010.

LOPEZ DE VILES, Nancy y Otros. Plan de manejo 2006-2010 Santuario de Flora isla La Corota. UESPNN. Pasto 2005. Pág. 150.

LÓPEZ GRANADOS Ema, MENDOZA Manuel, ACOSTA Alejandra. Cambio de cobertura vegetal y uso de la tierra. El caso de la cuenca endorreica del lago de Cuitzeo, Michoacán. Gaceta Ecológica, julioseptiembre, número 064. Instituto Nacional de Ecología. Distrito Federal, México 2002.

LÓPEZ GRANADOS Ema, BOCCO Gerardo, MENDOZA C. Manuel E. Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. el caso de la ciudad de Morelia. Investigaciones Geográficas, agosto, número 045 Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México 2001.

MARTÍNEZ L., PALÀ V. y ARBIOL R. Corrección atmosférica en espectro solar para series multitemporales. Aplicación a imágenes landsat 7 ETM+. Memorias X Congreso de Teledetección. Barcelona 2008.

MENDOZA J. Fernando. Análisis Multitemporal del Cambio de Uso del Suelo en base a Imágenes Satelitales de los territorios indígenas de Mayangna Sauni As, Mayangna Sauni Bas , Sikilta, MatungBak/Sauni Arungka, SIPBAA, Layasiksa y el área afectada por el Huracán Félix en 2007 para el período de tiempo 2005 – 2007/08 en los Departamentos de Jinotega y la RAAN, Nicaragua. GTZ. Nicaragua 2010.

MONTIEL Katty A., VILLARREAL Luz Marina. Análisis multitemporal del impacto generado por la explotación minera en el medio geomorfológico de la isla de Toas, estado Zulia. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 2004.

OBREGON N., MARTINEZ G.F., CASTIBLANCO C.A. Grass y sensores remotos en hidroinformática. Universidad del Valle. Memorias Seminario Internacional La Hidroinformática en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos Instituto Cinara. 2006.

ORMEÑO V. Santiago. Los satélites de media y baja resolución espacial como fuente de datos para la obtención de indicadores ambientales. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 2009.

PARDO M.T., ESTEVE M.A., CARREÑO M.F., MARTÍNEZ J., MIÑANO J. y RODRÍGUEZ S. Análisis de los cambios paisajísticos en los humedales costeros del mar menor (Murcia, S.E. Ibérico) mediante técnicas de teledetección ambiental. Murcia 2006.

PARUELO J. M. La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos. Revista Ecosistemas, septiembre, año/vol. 17, número 003. Asociación Española de Ecología Terrestre. Alicante, España 2008.

PINTO Jesús. Evolución del paisaje y estado de conservación de la reserva forestal El Choré. Revista Kempffiana. Museo de Historia Natural Noel Kempff M. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia 2006.

PORTILLO Javier, ZALAZAR Laura, ALOY Gustavo, PUGA Hernán. Determinación de Usos del Suelo mediante análisis multitemporal de imágenes Landsat en los Oasis de la Provincia de Mendoza. Mendoza, Argentina 2005.

PROBST Ron. Exploración de la Tierra usando la Percepción Remota: La Serena. Revista Conicyt. Chile. 2006.

ROMERO Sergio, SEPÚLVEDA Sergio, El desarrollo sostenible de la agricultura: el potencial de la era digital. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 1999.

RODRÍGUEZ Omar. Análisis del cambio de cobertura y fragmentación del habitat en el municipio de Independencia - Una propuesta metodológica simple para la identificación de áreas prioritarias de investigación biológica. Revista Kempffiana. Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia 2004.

SACRISTÁN R. Francisco. La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. Revista AquaTIC, nº 24, pp. 13-41. Año 2006. Universidad Complutense de Madrid.

SALVATIERRA Cristina. ROVEDA Gabriel. AGUILERA Elizabeth. Análisis de la cobertura vegetal y el uso de la tierra con el uso de sensores remotos en la Mojana, Colombia. IGAC. Bogotá 1998.

VALDEZ J. René, GONZÁLEZ Manuel, DE LOS SANTOS Héctor. Estimación de cobertura arbórea mediante imágenes satelitales multiespectrales de alta resolución. Agrociencia, mayo-junio, año/vol. 40, número 003. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México 2006.