

ANÁLISIS MULTITEMPORAL SATELITAL DE LOS BOSQUES DEL CARARE-OPÓN, MEDIANTE IMÁGENES LANDSAT DE 1991 Y 2002

Palabras clave: Carare-Opón-Colombia, imágenes Landsat, análisis multitemporal, clasificación digital de imágenes.

Key words: Carare-Opón-Colombia, Landsat Images, multitemporary analysis, digital image classification

*Rodolfo Franco¹
Juan Manuel Rodríguez²*

RESUMEN

Se analizó el cambio en áreas forestales de la región forestal del Carare-Opón mediante imágenes Landsat de 1991 y 2002 para identificar el dinamismo de la zona. La clasificación supervisada más consistente fue la calculada con el modelo de decisión no paramétrico por espacios de características y el paramétrico por distancia mínima espectral.

La comparación raster se realizó por el método de detección de cambios de ERDAS y por composición multitemporal, en ambos casos sobre índices normalizados de vegetación. Sin embargo, la superposición vectorial de la clasificación condujo a resultados más evidentes.

Pese a que en el Carare-Opón existe una fuerte presión sobre los bosques por expansión de las fronteras ganaderas y la histórica explotación forestal de la zona, el estudio encontró un dinamismo positivo con un crecimiento de 15% en las áreas de bosques en el período dado.

Con altas proporciones de cambio en sólo once años se reconoce que las alternativas de manejo silvicultural de la región deberían desarrollarse en horizontes eficientes a corto plazo.

ABSTRACT

Two Landsat images of 1991 and 2002 have been analysed to identify forest dynamic in The Carare-Opon forestal region. The most certain supervised clasification with insitu information was calculatated with feature spaces decision rule (non parametric) and minimum distances rule (parametric).

The raster comparison was realized on normalized difference vegetation index (NDVI) using ERDAS change detection method and multitemporary composition method, but the vector comparison of the two clasifications indicated a best analysis.

Since exists hard pression over forest of Carare-Opón because of expansion of livestock area frontline and the historic forest explotation, the project found a positive dynamic with a increase of 15 percent in forest covers since 1991.

With high changes rates in a few years, it is recognized that forest management alternatives must be ejecuted in efficient and short time horizonts.

1 Director de la Investigación. Ing. Forestal, Especialista SIG. Docente Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital. Coordinador Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal.

2 Auxiliar de Investigación. Ingeniero Forestal. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

INTRODUCCIÓN

La región forestal del Carare-Opón comprende una extensión de 138.000 ha en el Departamento de Santander y fue delimitada mediante la Resolución 238 de 1961 del Ministerio de Agricultura y décadas atrás fue representativa para la investigación y manejo forestal en el país.

La Universidad Distrital, en convenio con la Corporación para el Desarrollo y Paz del Magdalena Medio, formuló en el 2003 un Plan de desarrollo forestal para la región. Paralelo a este trabajo, se analizó mediante imágenes satelitales el cambio en áreas de bosques durante 1991 a 2002 para identificar posibles referencias del dinamismo en una zona donde confluye activamente la ganadería y el aprovechamiento forestal.

OBJETIVO GENERAL

Analizar los cambios en la cobertura forestal en la región del Carare-Opón, por medio de la clasificación digital de imágenes satelitales LANDSAT de los años 1991 y 2002.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una clasificación con énfasis en la cobertura vegetal para imágenes Landsat de

1991 y 2002 del Carare-Opón con soporte en recorridos de campo y fotos aéreas.

- Aplicar detección de cambios para imágenes de tipo raster (sobre índices de vegetación) y temáticos (sobre imágenes clasificadas)
- Analizar cómo puede repercutir la dinámica y ubicación de los cambios detectados sobre una propuesta de desarrollo forestal para la zona.

ÁREA DE ESTUDIO

El Carare-Opón debe su nombre al área entre los ríos Carare (al oeste) y Opón (al este) en el Departamento de Santander y cubre parte de los municipios de Cimitarra, Puerto Parra, Landázuri y Vélez. Las dos poblaciones más importantes dentro de la zona son la cabecera de Puerto Parra y el poblado de Campo Capote, adyacente a unas 1800 hectáreas de plantaciones establecidas desde la época de la existencia de Inderena. También aparecen los caseríos de Las Montoyas, La Militosa, El Cruce, Agualinda, El Trece, El 20 y El Tropezón.

Otros cauces destacados en la región aparte de los ríos Carare y Opón son los ríos Guayabito y Río Blanco y las quebradas Chontarales, Oponcito, Dantas, La Perdida y Quebrada Negra de Armas. Las geformas dominantes son

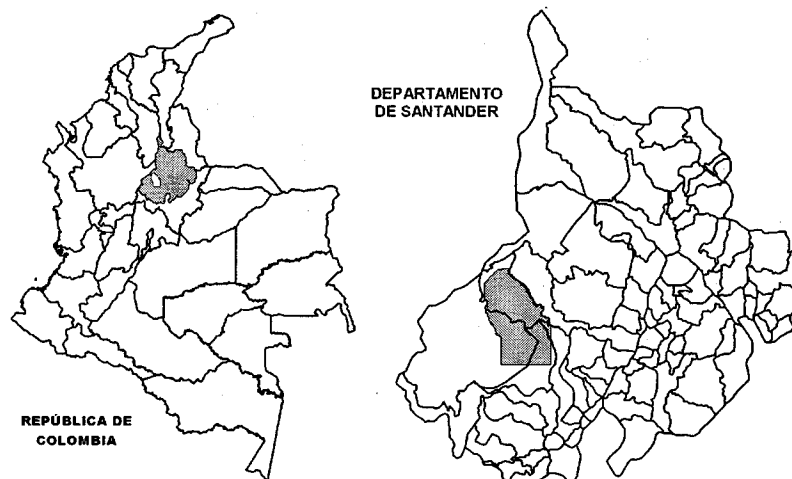


Figura 1. Localización del Carare-Opón.

las llanuras aluviales hacia los ríos Carare, Opón y en el sector de las cienagas Chucurí, El Clavo y Rabón; las colinas altas y bajas de la parte media y una gran zona montañosa al sur con la mayor cúspide en el Cerro de Armas.

REFERENTES CONCEPTUALES

CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES

La clasificación multispectral de imágenes se usa para extraer información temática de las imágenes de satélite de manera semiautomática (Riaño, 1999). La clasificación digital se dirige a obtener una nueva imagen en la cual a cada uno de los píxeles de la imagen original se le asigna una clase o leyenda. Esta clasificación puede ser de dos tipos: no supervisada y supervisada (Lilles & Kiefer, 1994).

Una diferencia fundamental entre los dos tipos de clasificación es que en la no supervisada el analista define el número de clases y posteriormente las interpreta. En la supervisada el analista interpreta y selecciona las clases.

Tras una selección de muestras o firmas de entrenamiento, los sistemas clasificadores requieren algoritmos paramétricos (en función de parámetros adicionales al comportamiento de las muestras) y no paramétricos (sólo en función de las muestras) para asignar los píxeles de la imagen a las clases determinadas. Entre estos algoritmos figuran los espacios de características como regla de decisión no paramétrica y la paramétrica de distancias mínimas.

En la regla de decisión de espacio de características sucede que cuando los datos de un píxel están en la firma directa del espacio de características, entonces el píxel se asigna a la clase de esa firma. Para los píxeles sin clasificar del caso anterior, la regla de decisión de distancias espectrales mínimas le asigna la clase que tenga una distancia espectral mínima cada píxel no identificado (ERDAS Inc, 1999)

(véase **Figura 2**). Cada píxel sin clasificar es asignado a su clase más proxima en el espectro.

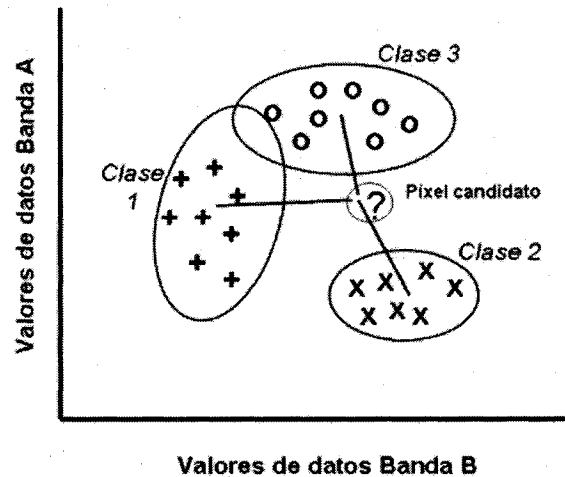


Figura 2. Espacio de características.

ÍNDICES DE VEGETACIÓN

La vegetación es particularmente reflectiva en el infrarrojo cercano. El contraste entre la vegetación y el agua es también evidente en esta región del espectro. En la banda del rojo visible la vegetación contrasta muy bien con las zonas erosionadas y las superficies rocosas o construidas por el hombre. La vegetación tiende a ser más oscura en la región del rojo visible que las zonas erosionadas y que las construcciones que tienden a ser blancas o iluminadas. Usando estas dos porciones del espectro la función *Índice de vegetación* es capaz de discriminar en una imagen las áreas con vegetación de otras coberturas (ESRI, 1998).

Uno de los índices de vegetación más comunes emplea el siguiente cociente entre banda roja (R) e infrarrojo cercano (IR), que para el sensor Landsat corresponde a las bandas 3 y 4, respectivamente:

$$NDVI = (IR - R) / (IR + R)$$

TÉCNICAS DE DETECCIÓN DE CAMBIOS

Entre las técnicas para detectar cambios entre imágenes satelitales multianuales, Riaño (2002) destaca las siguientes alternativas:

- Diferencias entre imágenes: los cambios se denotan en una imagen generada por diferencia aritmética entre los valores de niveles digitales entre las imágenes.
- Composiciones multitemporales: después de aplicar algunos filtros y transformaciones, se comparan visualmente las tonalidades grises de las imágenes y luego una composición a color multitemporal que sólo usa los cañones rojo y verde para la imagen más antigua y más reciente, respectivamente.
- Componentes principales: se genera un conjunto limitado de bandas que sintetizan información de un conjunto mayor y, contrario al habitual análisis de componentes principales, se presta atención a los componentes inferiores, ya que son éstos los que ofrecen información de cambio, mientras que las primeras componentes son las de elementos comunes.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Se realizó una clasificación supervisada de una imagen Landsat TM RGB 451 de 1991 y otra Landsat ETM RGB 453 de 2002 (cada una formada con un par de las escenas 8-55 y 8-56). La clasificación más consistente con la información de soporte (fotos, mapas de cobertura, espaciogramas y videos de campo) fue calculada con el modelo de decisión no paramétrico por espacios de características y el paramétrico de distancia mínima espectral (véanse **Figuras 3 y 4**).

La superposición vectorial de las clasificaciones condujo a un primer análisis de cambios. La comparación raster se realizó por el método de detección de cambios de ERDAS y por composición multitemporal, en ambos casos sobre

índices normalizados de vegetación. Todos los procesos raster se ejecutaron mediante el software ERDAS Imagine y los procesos vectoriales mediante el software Arcview 3.2. La **Figura 5** resume los procesos expuestos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos generales, la región del Carare-Opon ha perdido entre 1991 y el 2002 unas 10 mil hectáreas, que equivalen al 20.7% del bosque existente en 1991 (935 hectáreas perdidas al año), pero a su vez ha ganado más de 20 mil hectáreas (unas 2 mil por año) en este mismo tiempo. En su mayoría estos nuevos bosques se originan sobre sucesión de rastrojos. De los bosques existentes en 1991, permaneció estable un 79% hasta el 2002.

Frente a la comparación vectorial realizada desde clasificación supervisada y que brindó gran confiabilidad, la imagen por detección de cambios acertó en buena parte de las áreas de bosque en equilibrio, pero mostró como constantes algunas otras que correspondían a bosques nuevos. La imagen no fue satisfactoria para aquellas áreas que indicaban ganancia y prácticamente los aciertos se dieron sobre las zonas de nubes y sombras que eran muy obvias.

Por el método de composición multitemporal (imagen de 1991 cañón rojo, imagen 2002 en cañón verde y cañón azul nulo) se obtuvo una mejor aproximación para algunas áreas de pérdida, sin embargo, la mayoría coincidía con áreas actualmente en erosión o pastos pero que antes tampoco eran cobertura forestal. Para áreas con nuevos bosques sucedió lo mismo del método anterior: la imagen muestra más bosques en equilibrio que los detectados en la clasificación (véase **Figura 6**).



Figura 3. Imagen LANDSAT 5 TM RGB 451 1991



Figura 4. Imagen LANDSAT 7 ETM RGB 453 2002

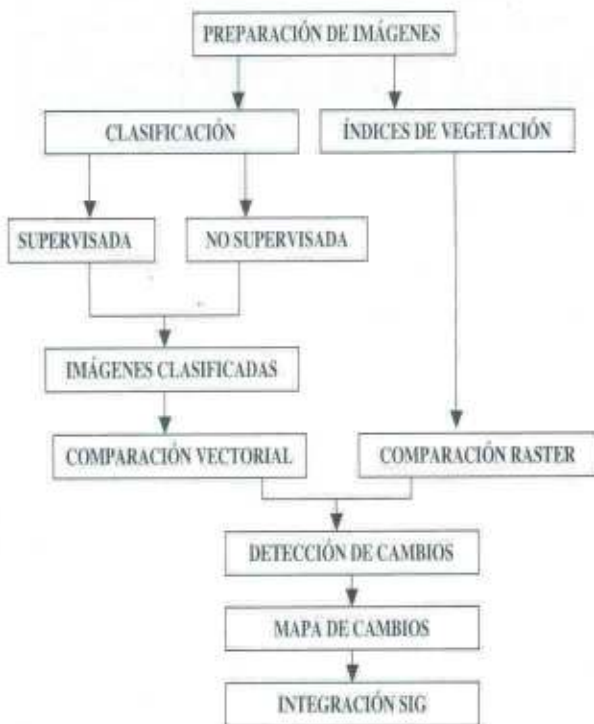


Figura 5. Flujo de actividades.



Figura 6. Mapa de cambios.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Pese a que en la región Carare-Opón existe una fuerte presión sobre los bosques por expansión de las fronteras ganaderas y la histórica explotación forestal de la zona, el estudio encontró un dinamismo positivo con un crecimiento de 15% en las áreas de bosques en el lapso 1991 a 2002.

Con estas altas proporciones de cambio en tan sólo once años se reconoce que las alternativas de manejo silvicultural de la región deberían desarrollarse en horizontes muy eficientes a corto plazo.

Las imágenes satelitales se constituyen en una herramienta fundamental en el manejo de la información espacial de cobertura forestales; sin embargo, se necesita siempre de la información de soporte para la asignación de muestras para la clasificación supervisada y la obligada verificación de campo.

Se sugiere disponer de información sobre la biomasa y regeneración natural para vincular así diversos factores que puedan incidir en los cambios para no limitarse exclusivamente a cambios en propiedades geométricas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ERDAS Inc. 1999. ERDAS Field Guide. 5ª Edición, Atlanta, Georgia, EE.UU.

ESRI, Inc. 1998. Using Arcview Image Analysis. Environmental Systems Research Institute, Redlands, California. Esri Press.

LILLES T. M. Y R.W. KIEFFER, 1994. Remote sensing and image interpretation. Wiley and Sons Publ.

RIAÑO, O., 1999. Procesamiento digital de imágenes en ILWIS (Traducción y Adaptación).

RIAÑO, O., 2002. "Consideraciones y métodos para la detección de cambios empleando imágenes de satélite en el municipio de Paipa". En: Revista Colombia Forestal. Universidad Distrital, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Vol. 7, No.15.