

ESTIMACIÓN DE CAMBIOS EN LA COBERTURA Y USO DEL SUELO DE UN SECTOR DE LA ZONA SUR DE HONDURAS

Rafael Enrique Corrales Andino

Depto. de Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica

Facultad de Ciencias Espaciales

Universidad Nacional Autónoma de Honduras

rafa504@yahoo.com

Resumen

El objetivo principal de este trabajo es la generación de cartografía de cobertura de suelos y su dinámica mediante técnicas y datos de percepción remota (teledetección). La metodología utilizada fue la implementación de un clasificador automático (ISODATA), así como del operador de matrices para la detección o dinámica de cambios entre las imágenes del sensor LandSat de la escena p18r51 en las fechas 1990 y 2002. Entre los resultados podemos decir que la clasificación generó las siguientes coberturas: bosques, matorrales, pastos, cultivos, suelo desnudo y agua. De la dinámica de cambios podemos decir que un 53.4% se mantuvo sin cambios, mientras que se produjo un 25.6% de cambio negativo y un 21.0% de cambio positivo.

Palabras clave: Cobertura y uso del suelo, dinámica de cambios, Honduras.

Abstract

The main objective of this work is the generation of mapping land cover and soil dynamics and techniques of remote sensing data. The methodology used was the implementation of an Automatic Classifier (ISODATA) and Matrix Operator and Dynamic Detection of Changes between Landsat images of the scene p18r51 the dates 1990 and 2002. Among the results we can say that the genre classification the following coverages: Forests, bush, pastures, crops, bare soil and water, the dynamics of change we can say that 53.4% remained unchanged, while there was a 25.6% exchange 21.0% negative and a positive change.

Keywords: Land cover & land use, change detection, Honduras.

Introducción

La clasificación es el proceso por el cual se agrupan los píxeles en un número determinado o finito de clases individuales, con base en los niveles digitales de los datos (Figura 1). Cuando un píxel cumple satisfactoriamente los requisitos (criterios), es asignado a la clase que corresponda a ese requisito (Corrales, 2004).

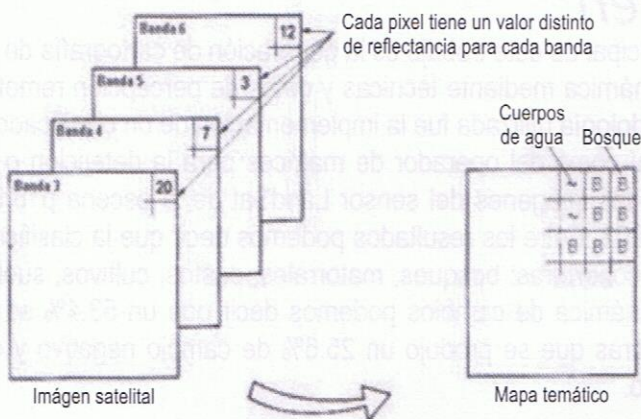


Figura 1.- Clasificación digital de imágenes. Fuente: Karszenbaum, 2007

La única restricción que se impone a la identificación de superficies mediante la teledetección deriva de la propia resolución espectral del sensor, el cual no es capaz de proporcionar un espectro continuo de la superficie observada sino de un número finito de bandas, dentro de cuyos intervalos espectrales no puede hacer distinción

alguna (Corrales, 2010). Las imágenes satelitales que van a ser utilizadas para realizar un estudio de detección de cambios, siempre deben pasar con la transformación de número de contaje electrónico a parámetros físicos de radiancia o reflectancia (Chávez, 1996). Existen dos tipos de clasificación: una supervisada, donde el intérprete asigna muestras de entrenamiento de las diferentes clases o clúster; y otra donde el intérprete asigna un número máximo de clases por cercanía espectral (Pinilla, 1995). En este proyecto hemos seleccionado el método no supervisado.

Métodología

Método ISODATA

- a) El clasificador ISODATA se usó para realizar una clasificación no supervisada. Utiliza la fórmula de la distancia espectral mínima para formar un clúster, comenzando arbitrariamente con un clúster promedio (de firmas espectrales existentes). Cada vez que se repite el proceso de formación de clúster, el promedio de estos se modifica. Los nuevos se usan para las siguientes iteraciones. La utilidad ISODATA se repite hasta que se ejecuta el número máximo de iteraciones o se alcanza el máximo porcentaje de asignaciones de píxeles sin cambios entre varias iteraciones.
- b) En este trabajo se generaron cien clúster, a un nivel de doce iteraciones. La combinación de bandas utilizada fue: banda TM4 en rojo, banda TM5 en verde y banda TM3 en azul. Se corrió una matriz de confusión para conocer su confiabilidad, siendo aprobada por presentar un valor más alto que el mínimo estándar ($\geq 85\%$) para clasificaciones con las características de las imágenes *LandSat*.
- c) Recodificación: constituye la fusión de las diferentes muestras de entrenamiento, una vez que estas se han analizado por separabilidad de banda espectral.
- d) Filtros: los filtros aplicados se basaron en la técnica de vecino más cercano con un *kernel* menor de 3×3 , para evitar pérdidas mayores de información. Luego se estableció un *Clump*, proceso intermedio de filtrado, para terminar con el *Eliminate*, en donde se establece el área mínima que se eliminará de las coberturas aisladas, lo que evita que la clasificación contenga efectos de salpicaduras (Chávez, 1996).

Método de dinámica de cambios

- a) Una vez obtenidas las dos imágenes clasificadas con la misma nomenclatura se pudo aplicar la detección de cambios desde **Interpreter/GIS Analysis/ Matrix**, del cual seleccionamos como vector 1 a la imagen de fecha 1, y para el vector 2 la imagen de fecha 2, generando una nueva imagen con los datos de la fecha 1 y la fecha 2 como relación de cambio. Por ello, fue necesario crear una nueva columna llamada "cambios", al igual que una de "área por hectáreas" y la asignación de color a cambios positivos, cambios negativos y áreas sin cambio (Sader, 2001).

Resultados

Los datos resultados de la clasificación por cobertura y uso del suelo (Petroglia, C. 2008) a nivel de familiarización de la imagen p18r51, tanto de 1990 como del 2002, fue la siguiente:

Bosque latifoliado: Predominio de árboles de hoja ancha, altura de la cobertura variable según la topografía y suelo, lo que favorece que los árboles alcancen una altura de 40 m. Especies predominantes: liquidámbar (*Liquidambar sp*), roble o encino (*Quercus sp*), aguacatillo (*Persea sp*), guayabillo (*Ficus*), varias especies de moráceas y helechos. En general, los árboles poseen una altura de 15 a 60 m. según su edad.

Bosque mixto: Los remanentes modificados del bosque original pueden presentar árboles dominantes con altura de 25 hasta 30 m., constituido principalmente por especies de pino y roble, acompañadas por árboles de nance, acacias, guayabas, entre otras.

Bosque de pino: Constituido por diferentes especies de pino ubicadas en el centro y oeste del país. Estas especies cambian según la altitud; generalmente, cubren suelos no agrícolas. Su heterogeneidad es debido a su madurez y al porcentaje de mezcla con otras coberturas. Las especies más frecuentes son: *Pinus maximinoii*, *P. oocarpa* y *P. pseudostrobus*.

Bosque seco: Constituido por especies arbustales deciduas latifoliadas, donde podemos encontrar algunas leguminosas como el carbón, se encuentra ubicada en las zonas poca altura (entre los 600 – 1000 m.) y con pendientes suaves.

Matorral: Cobertura que generalmente se encuentra en los bordes de bosques en los que ha ocurrido algún tipo de intervención. Las especies con frecuencia son una mezcla de arbustos rudimentarios así con especies del bosque original.

Pastizal: Cobertura constituida principalmente y casi de forma exclusiva por pastos de 1 a 2 m de alto. Este puede ser verde o seco, según la estación climática.

Cultivo: Esta cobertura puede definirse como tierra utilizada para la producción de alimentos y granos. Pueden ser zonas con cultivos a gran escala en suelos planos o con poca pendiente, generalmente cerca de los ríos y con sistema de riego permanente, o incluir áreas cultivadas en zonas de laderas sin mucha mecanización, con variedad de cultivos.

Suelo labrado: Son áreas preparadas para el cultivo, de siembra reciente o que han quedado expuestas después de la cosecha.

Suelo desnudo: Se incluyen todas las áreas desprovistas de cobertura, como playas de río, zonas de deslizamiento o zonas degradadas por efecto de la agricultura o la escorrentía.

Río: Cuerpo de agua que recorre las montañas, valles y desemboca en el mar. Generalmente se tomaron en cuenta ríos de cauce mayor de 10 m de ancho, identificables digital y visualmente, que siguen patrones lineales sinuosos y muchas veces son respuesta de la combinación de la cobertura vegetal asociada a los márgenes.

Suelo quemado: Esta clase incluye áreas afectadas por los incendios y/o que se encuentran en recuperación, con rastros de ceniza en la cobertura vegetal.

Humo: Esta categoría identifica aquellas áreas que al momento de adquirir la imagen, estaban siendo afectadas por el fuego.

De la anterior clasificación se agruparon algunas clases mientras que otras no quedaron dentro del área de estudio seleccionada para el análisis de la detección de las anomalías hidrotermales.

Urbano: Incluye áreas pobladas, como cabeceras municipales, pueblos y aldeas grandes, siendo la ciudad de Santa Rosa de Copán y otras comunidades las que digital y visualmente se observan.

Nube: Acumulación atmosférica de vapor de agua.

Sombras: Ausencia de reflectancia causada por nubes y montañas.

Bosque de manglar: Son áreas de vegetación arbustal salobres, se encuentra como barrera de playas.

Una vez reconocidos las diferentes coberturas que enmarcan la imagen completa, fue necesario reclasificar las coberturas para el área de interés, de la cual quedaron seis (6) coberturas a nivel uno (p. e.: en lugar de bosque de manglar, mixto, latifoliado, micro latifoliado o seco, la cobertura queda únicamente como *bosque*), lo que significa que se elaboró una clasificación conocida como de muchos a uno. El Cuadro 3.1 muestra dicha clasificación correspondiente a ambas fechas.

Clase	Color	Código de clase
Sin dato	Negro	00
Bosque	Verde oscuro	01
Matorral	Verde claro	02
Pasto	Tan	03
Cultivo	Amarillo	04
Suelo desnudo	Violeta	05
Agua	Azul	06

Tabla 1. Clasificación final para la cobertura y el uso el suelo a primer nivel Fuente: Elaboración propia.

Las imágenes resultantes de las clasificaciones ISOTADA necesitaron ser recodificadas, al identificar cuáles de las cien (100) clases pertenecían a las seis (6) clases del área de interés (Figura 3.1 y 3.2).

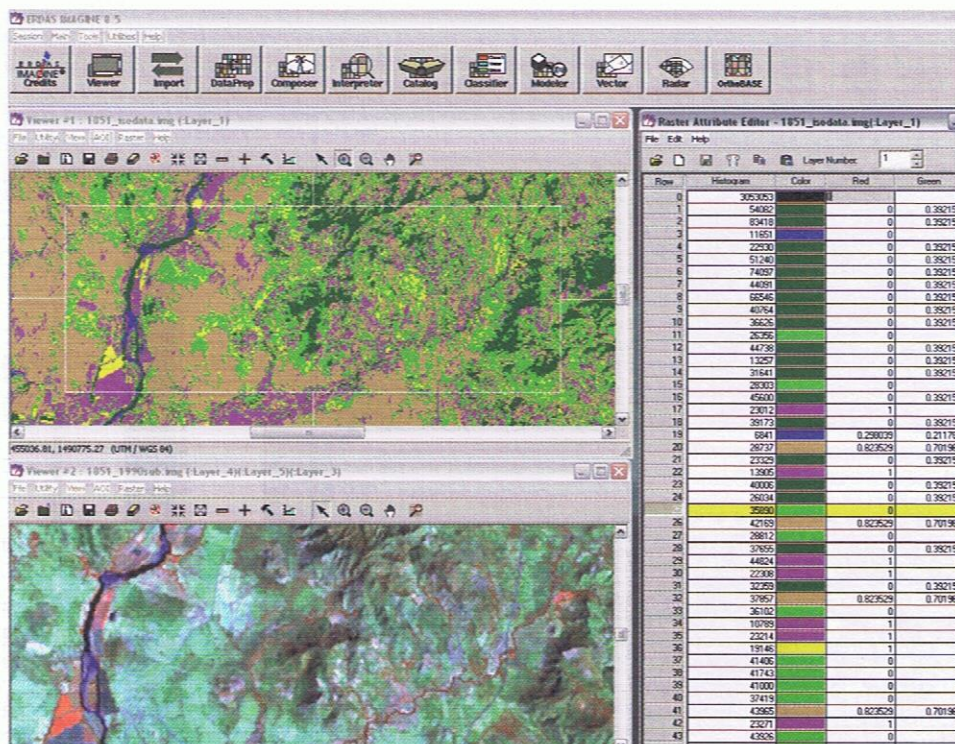


Figura 2.- Identificación de clases para aplicación de recodificación. Imagen superior: ISODATA 1990; imagen posterior: Sin clasificación 1990 y diálogo de atributos de cada clase.

La validación de la clasificación se realizó con el *Accuracy Assessment*, de la cual se generó una matriz de error, la precisión total de la clasificación y el índice kappa, para la imagen LandSat p18r51 con fecha seis de febrero de 1990 y la imagen p18r50 con fecha seis de mayo de 2002.

Imagen LandSat	Matriz de error	Precisión total	Índice Kappa
Fecha 1 (1990)	90%	90%	86%
Fecha 2 (2002)	87%	87%	87%

Tabla 2.- Resultados de Accuracy Assessment de las imágenes LandSat de las fechas 1990 y 2002. Fuente: Elaboración propia.

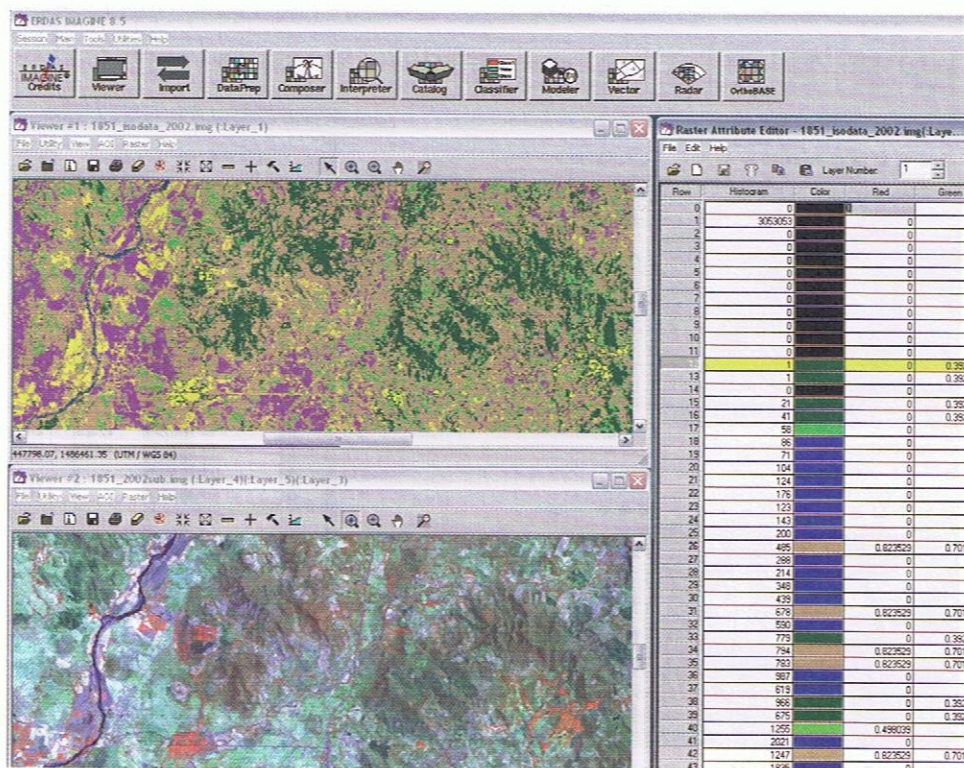


Figura 3.- Identificación de clases para aplicación de recodificación. Imagen superior: ISODATA 2002; imagen posterior: sin clasificación 2002 y diálogo de atributos de cada clase

Discusión

El área total de la zona de estudio es de 293,378.04 ha. Los resultados obtenidos para la dinámica en el cambio de las coberturas del suelo no tuvieron cambio cuando la cobertura se mantuvo de una fecha 1 (1990) a una fecha 2 (2002); hubo cambio negativo cuando en la fecha 1 tuvimos una cobertura ecológicamente mayor, y en la fecha 2 pasó a una cobertura de menor grado ecológico; hubo cambio positivo cuando en la fecha 1 tuvimos una cobertura de menor grado ecológico, y en la fecha 2 pasó a un nivel ecológico más alto, lo que se conoce como alcanzar el estado clímax. En total tenemos treinta y seis combinaciones, ya que son seis coberturas (Figura 4).

Los matorrales se mezclan con los pastos debido a las condiciones ecológicas presentes en el área de estudio del Valle de Choluteca.

Los datos de ambas clasificaciones fueron comprobadas con las visitas de campo y con el levantamiento de las coberturas colectiva de coordenadas geográficas y toma de fotografías de las coberturas.

En este caso, los resultados indican que los matorrales se mezclan con los pastizales, esto se debe a que se encuentran en un ecosistema seco, donde tanto bosque, matorral y pastizal se mantienen en condiciones de humedad muy parecidas, siendo muy difíciles de separar, aún con las giras de campo. El resultado se mantuvo en todas las estadísticas de esta clasificación, pero de forma general se logró alcanzar una precisión del 87%, siendo aceptable en términos de cobertura a nivel de imágenes LandSat.

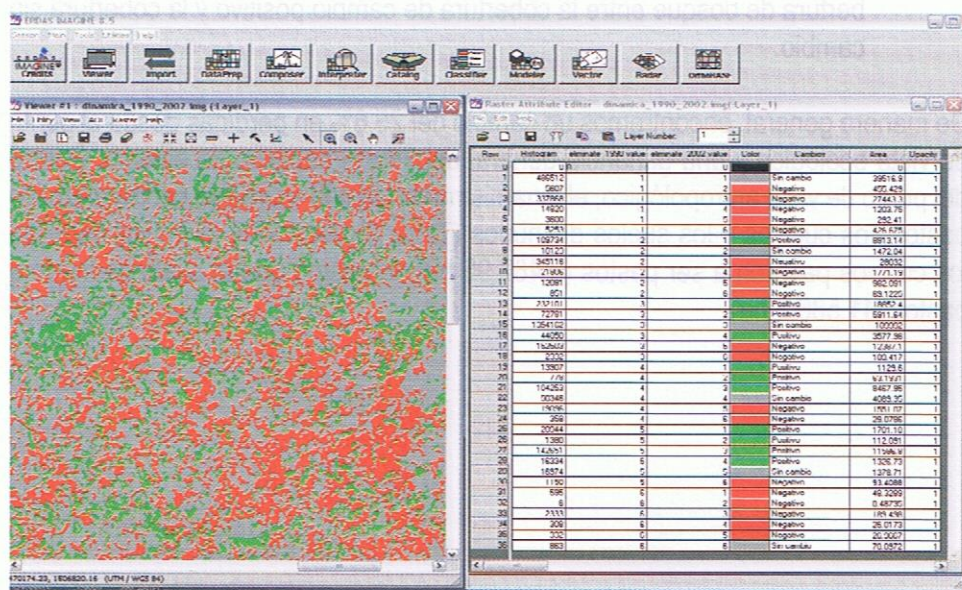


Figura 4.- Matriz de cambios entre imágenes p18r51 de 1990 y 2002

La tasa en la dinámica de cambio de las coberturas para aproximadamente doce años, fue la siguiente:

- Tasa en la dinámica de cambio negativo en la cobertura fue del 25.6%, lo que quiere decir que tiene la cantidad de 75,147.26 ha.
- Tasa en la dinámica de cambio positivo en la cobertura fue del 21.0%, o 61,642.71 ha.

- Tasa sin cambios en la dinámica del suelo fue de 53.4%, o la cantidad de 156,518.95 ha.

Cuando vemos los datos de la cobertura correspondiente a los bosques, misma que ecológicamente se encuentra en una posición más alta que las demás coberturas. Notamos los siguientes resultados:

- La tasa de ganancia de bosque fue de 44.2%, o 30,644.65 ha.
- La tasa de pérdida de cobertura de bosque fue del 43.0%, o la cantidad de 29,821.60 ha.
- Se mantuvo un 12.8% sin cambios, por lo que tenemos un 57.0% de cobertura de bosque entre la cobertura de cambio positivo y la cobertura sin cambio.

De manera general, encontramos un cambio del 25.6% en pérdidas desde el punto de vista ecológico y una ganancia general del 74.4% del área de estudio. Dentro del punto de vista antropológico, el dinamismo de las coberturas se centra entre los pastos, los cultivos y los suelos desnudos (Tabla 3), en donde la mayor parte de los cultivos pasaron a ser pastos (8,467.95 ha), lo mismo que el suelo desnudo a pastos (11,586.8 ha).



Figura 4 - Mapa de cambios entre imágenes de 1997 y 2007

La tasa en la dinámica de cambio de las coberturas para sincronizadamente datos años, fue la siguiente:

- Tasa en la dinámica de cambio negativo en la cobertura fue del 25.6%, lo que quiere decir que tiene la cantidad de 75,147.56 ha.
- Tasa en la dinámica de cambio positivo en la cobertura fue del 48.8%, o 154,245.71 ha.

Raster Attribute Editor

Row	Histogram	eliminate_1990	value	eliminate_2002	value	Color	Cambios	Row	Area	Opacity
0	0	0	0	0	0			0	0	1
1	486512	1	1	1	1	1	Sin cambio	1	39516.9	1
2	5607	1	1	1	1	2	Negativo	2	455.429	1
3	337868	1	1	1	1	3	Negativo	3	27443.3	1
4	14820	1	1	1	1	4	Negativo	4	1203.75	1
5	3600	1	1	1	1	5	Negativo	5	292.41	1
6	5253	1	1	1	1	6	Negativo	6	426.675	1
7	109734	2	2	2	2	1	Positivo	7	8913.14	1
8	18123	2	2	2	2	2	Sin cambio	8	1472.04	1
9	345116	2	2	2	2	3	Negativo	9	28032	1
10	21806	2	2	2	2	4	Negativo	10	1771.19	1
11	12091	2	2	2	2	5	Negativo	11	982.091	1
12	851	2	2	2	2	6	Negativo	12	69.1225	1
13	232101	3	3	3	3	1	Positivo	13	18852.4	1
14	72781	3	3	3	3	2	Positivo	14	5911.64	1
15	1354162	3	3	3	3	3	Sin cambio	15	109992	1
16	44050	3	3	3	3	4	Positivo	16	3577.96	1
17	152503	3	3	3	3	5	Negativo	17	12387.1	1
18	2332	3	3	3	3	6	Negativo	18	189.417	1
19	13907	4	4	4	4	1	Positivo	19	1129.6	1
20	778	4	4	4	4	2	Positivo	20	63.1931	1
21	104253	4	4	4	4	3	Positivo	21	8467.95	1
22	50346	4	4	4	4	4	Sin cambio	22	4089.35	1
23	19096	4	4	4	4	5	Negativo	23	1551.07	1
24	358	4	4	4	4	6	Negativo	24	29.0786	1
25	20944	5	5	5	5	1	Positivo	25	1701.18	1
26	1380	5	5	5	5	2	Positivo	26	112.091	1
27	142651	5	5	5	5	3	Positivo	27	11586.8	1
28	16334	5	5	5	5	4	Positivo	28	1326.73	1
29	16974	5	5	5	5	5	Sin cambio	29	1378.71	1
30	1150	5	5	5	5	6	Negativo	30	93.4088	1
31	595	6	6	6	6	1	Negativo	31	48.3289	1
32	6	6	6	6	6	2	Negativo	32	0.48735	1
33	2333	6	6	6	6	3	Negativo	33	189.498	1
34	308	6	6	6	6	4	Negativo	34	25.0173	1
35	332	6	6	6	6	5	Negativo	35	26.9667	1
36	863	6	6	6	6	6	Sin cambio	36	70.0972	1
Count	37	37	37	37	37	37		Count	37	37
Total	3611918	126	126	126	N/A	N/A		Total	293378	37
Mean	97619	3.40541	3.40541	3.40541	N/A	N/A		Mean	7929.14	1
Minimum	0	0	0	0	N/A	N/A		Minimum	0	1
Maximum	1354162	6	6	6	N/A	N/A		Maximum	109992	1
Stddev	240606	1.80215	1.80215	1.80215	N/A	N/A		Stddev	19543.2	0

Tabla 3.- Dinámica de cambio de las seis coberturas entre 1990 y 2002, correspondiente al Valle de Choluteca

Código de cobertura: 1= Bosques, 2 = Matorrales, 3 = Pastos, 4 = Cultivos, 5 = Suelo desnudo y 6 = Agua.

Conclusiones

La percepción remota o teledetección se ha vuelto una de las herramientas aliadas en muchas disciplinas científicas, sobre todo en las emplean la cartografía para generar nuevas formas de análisis, así como de las demás técnicas aplicadas por las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG).

En conclusión, podemos decir que tanto una clasificación supervisada como una no supervisada, brindan resultados satisfactorios cuando se sabe qué es lo que se

quiere obtener. Para este trabajo de investigación se utilizó la clasificación por el método ISODATA, con cien *clúster*, y apoyo de campo para su precisión.

Se logró clasificar la cobertura a primer nivel con grandes categorías: bosques, matorrales, pastos, cultivos, suelo desnudo y agua. Aunque la mayoría de los autores no incluyen el agua en sus clasificaciones, la razón de incluirlo en nuestro estudio fue la presencia de un aumento en el caudal del cuerpo de agua entre ambas fechas en la zona norte del área de estudio.

La clasificación fue lo suficientemente confiable para concluir que en el área se produjo un cambio menor al que se esperaba en las coberturas, ya que la dinámica indicó que un 53.4%, o 156,518.95 ha. se mantuvieron sin cambio, mientras que el cambio positivo fue del 21.0%, para un total de 74.4%, en relación al 25.6% de cambio negativo.

También podemos decir que fueron los pastos los que interactuaron con mayores porcentajes, tanto con los cultivos como con el suelo desnudo. Puede tanto ser suelo labrado, como propiamente desnudo, con algún porcentaje de erosión. En otras palabras, los pastos vienen a ser zonas de descanso o barbecho, combinadas para la agricultura y para la pastura de ganado vacuno y caprino.

En el caso de los bosques, estos no representan un atractivo directo en las poblaciones humanas nativas, ya que es un bosque microlatifoliado seco con muchas leguminosas adaptadas al déficit de precipitación y a altas temperaturas. Por ello, es razonable que los números indiquen un 57.0% de ganancia de cobertura de bosque, entre lo que no cambió y lo que cambió de manera positiva desde el punto de vista ecológico.

Cabe apuntar que los bosques secos se encuentran en peligro de extinción y que hay proyectos propuestos para comenzar a protegerlos y para educar a los pobladores locales respecto a los beneficios de este tipo de bosques a nivel ecológico y eco turístico.

Bibliografía

Corrales, R. (2004) *Caracterización y detección de cambios en catorce áreas protegidas de Honduras, a partir del estudio de datos geoespaciales*. Tesis de licenciatura, UNAH.

Corrales, R. (2010) *Caracterización de alteración hidrotermal y dinámica de cobertura de suelos mediante métodos de teledetección, en el Valle de Choluteca, Honduras*. Tesis de maestría, UNAH.

Chávez P. (1996) *Image-based atmospheric corrections revisited and improved*. Photogram. Eng. Rem. Sens. 62, 1025-1036.

Karszenbaum, A. (2007) "Necesidad de modelos electromagnéticos y aplicaciones en teledetección". *Giambiagi Winter School*. Disponible en: <http://gea.df.uba.ar/giambiagi/material/karszenbaum.pdf>

Petroglia, C., Acosta & Sergio Lara (2008) *Sistema de clasificación de la cobertura de la tierra*. Food and Agricultural Organization (FAO).

Pinilla, C. (1995) *Elementos de teledetección*. Rama: Madrid.

Sader, E., D., Hayes, D. Irwin, S., Saatchi (2001) *Preliminary forest cover change estimates for Central America (1990's), with reference to the proposed Mesoamerican Biological Corridor*. Proceedings of the Year 2001, Annual Conference of the American Society of Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. St. Louis, MO. 11p.

Anexo A

Mapa de clasificación por cobertura y uso del suelo, y dinámica de cambio. Imágenes LandSat de 1990 y 2002

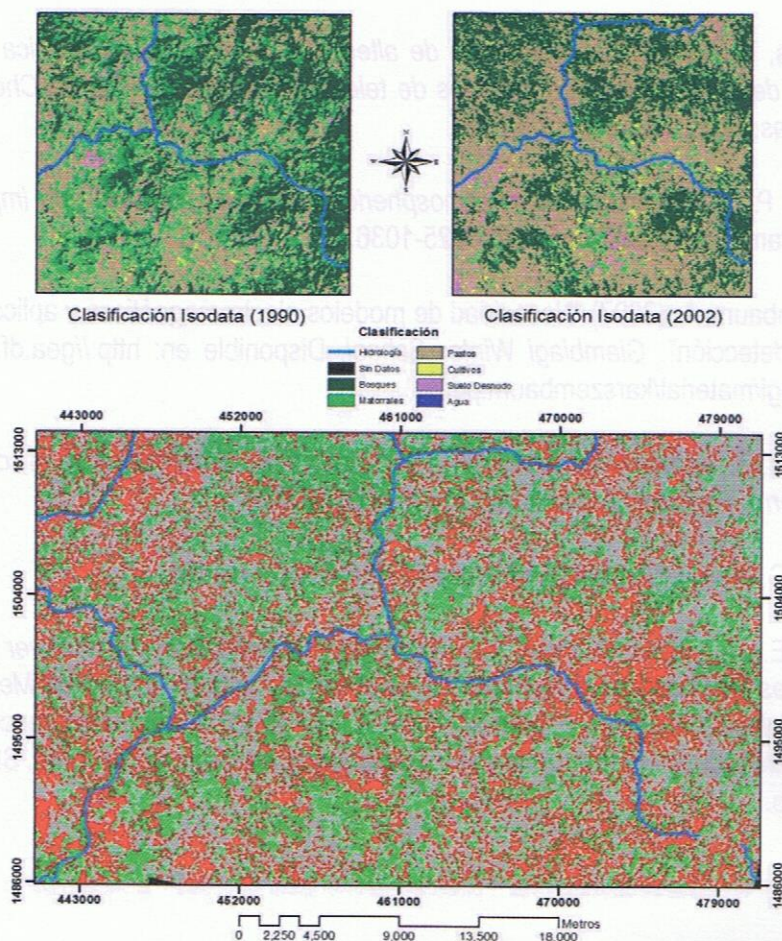


Imagen de Dinámica de Cambios entre las Coberturas de la imagen de 1990 y la imagen de 2002. El color gris, indica que no hay cambios, el color rojo que los cambios son negativos y el color verde que los cambios son positivos.

Dinámica de cambios entre las coberturas de la imagen de 1990 y la imagen de 2002.

El color gris indica que no hay cambios, el color rojo que los cambios son negativos y el color verde que los cambios son positivos.