

## **Análisis multitemporal de uso y cobertura del suelo en el Municipio de Manaure– Guajira-Colombia, Implementando imágenes landsat.**

Gonzalo Eduardo Mendoza Riaño<sup>1</sup>  
Karen Paola García Blanco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas.  
Calle 165 # 55<sup>a</sup>-83, Bogotá-Colombia.  
talin.mendoza@gmail.com

<sup>2</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas.  
Calle 33 # 17-56, Bogotá-Colombia.  
karenpgarcia@gmail.com

**Abstract.** The project was conducted in 2009 implementing Landsat images (TM July 1986 and ETM+ July 2002) Manaure-Guajira. They were acquired without cost on the website of the University of Maryland, images with which the multitemporal analysis of use and land cover as a tool for the management of the municipality was done. The digital image processing was implemented in free software GRASS GIS, the methodology associated with use and land cover Corine Land Cover (CLC), this methodology is usually performed by visual classification, however, this project implemented the supervised classification with good results. The working scale was 1:100.000, with maps for each period. Despite having no recent images, the field work gives the project the necessary force to be useful to the municipality. The thematic accuracy assessment shows that the supervised classification method reached values above 85% accuracy identifying the discriminated groups and showing expected changes such as the increasing bare or degraded land (desert conditions), as well as increasing the population centers, and also rare events such as the presence of bodies of water, due to possible a rise in the sea level. The possibility of such projects with free software tools, demonstrates the possibility for low-income populations to access the use of technologies that facilitate and guide the development plans and land

**Palavras-chave:** remote sensing, supervised classification (CLC), GRASS GIS Software / sensoramiento remoto, classificação supervisionada (CLC).

### **1. Introducción.**

La región de la Guajira en Colombia, puntualmente el municipio de Manaure tradicionalmente se ha caracterizado por la explotación de minas de carbón, pero en las últimas décadas se ha potencializado como uno de los yacimientos de sal más importantes de Colombia, además de la reserva de Gas Natural que abastece a la Costa Atlántica y gran parte del interior del País. La importancia de esta zona para el país es de alto nivel, por lo cual, se hace relevante para muchas empresas privadas y para la Nación, obtener información y realizar estudios que les permitan acceder a cartografía temática, además de comprender y modelar la dinámica histórica en la cobertura y el uso del suelo.

El estudio tiene como propósito evaluar, delimitar y monitorear el estado y condición de los recursos naturales por medio del procesamiento digital de imágenes, el cual emplea como insumo las imágenes satelitales. Se emplearon imágenes provenientes del satélite Landsat TM (*Thematic Mapper*) y ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*), que presentan una resolución espacial de 30 metros, con una frecuencia cada 16 días y poseen sensores de 7 y 8 bandas espectrales respectivamente, que abarcan desde el sector visible hasta el infrarrojo térmico del espectro electromagnético.

El proyecto está enmarcado dentro del sistema de referencia geocéntrico para el país MAGNA SIRGAS, con la intención de cumplir con los estándares nacionales e internacionales de información geográfica.

## 2. Área de estudio

El municipio de Manaure en el departamento de la Guajira como se muestra en la Figura 1, está localizado en la parte más septentrional de Suramérica y en el extremo Norte de Colombia, entre los 10° 23' y 12° 28' de latitud Norte y entre los 71° 06' y 73° 39' de longitud al Oeste del meridiano de Greenwich.

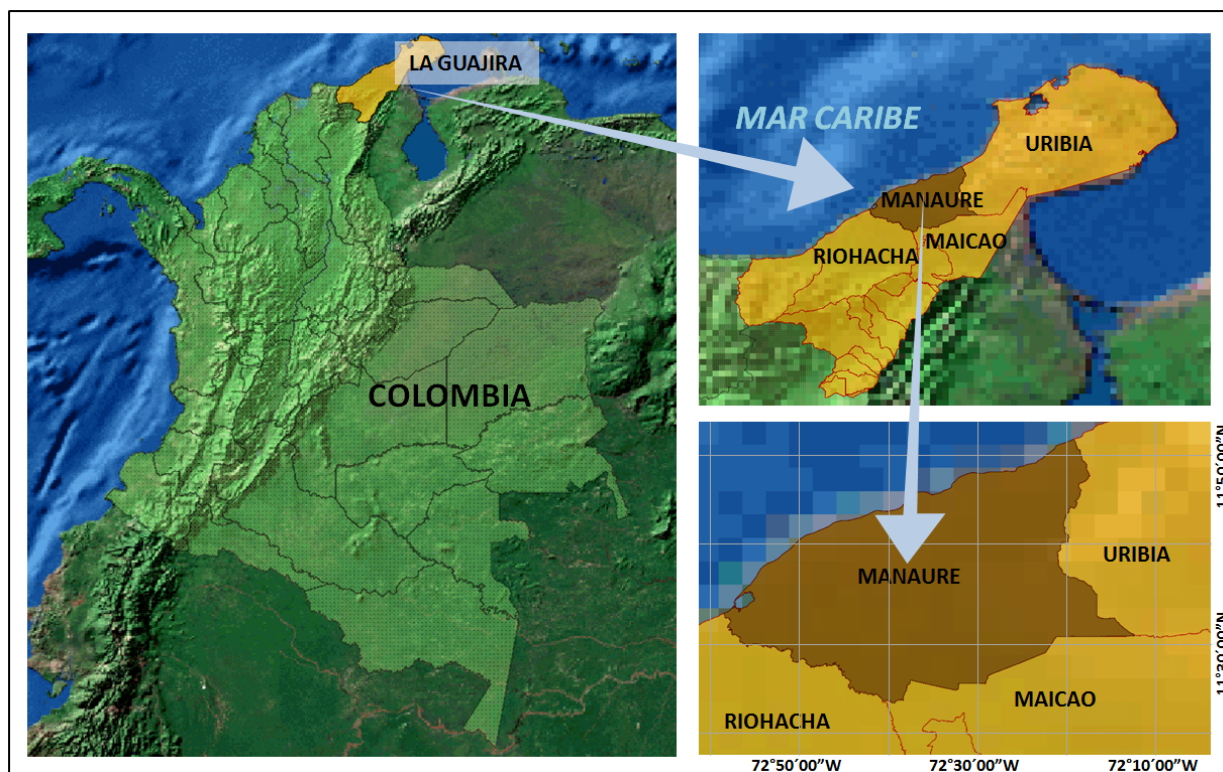


Figura 1 Localización General.

El área de estudio posee 197.100 ha, con un clima que oscila entre 28° y 38° C de temperatura. Es una extensión plana y suavemente ondulada, formada por arenales y dunas, donde predomina el paisaje semiárido que cambia en las épocas de lluvias, llanuras herbáceas y sabanas cubiertas de montes espinosos semiáridos densos, o áridos esparcidos.

## 3. Metodología de Trabajo.

Las principales actividades comprendidas para el desarrollo del proyecto se observan en la Figura 2, donde se establece la relación y el orden evolutivo de los procedimientos que se llevaron a cabo para lograr identificar y visualizar los objetivos del presente documento.

Las imágenes seleccionadas se relacionan en la Tabla 1, de un total de 12 inicialmente evaluadas.

Tabla 1 Imágenes Seleccionadas.

ID	Path/ Row	Fecha de Captura	Sensor	Productor	Nivel de Procesamiento	Formato de Almacenamiento
015-980	008 - 052	31/07/1986	TM	usgs	L1G	BSQ
016-644	008 - 052	03/07/2002	ETM+	usgs / glcf	L1G	BSQ

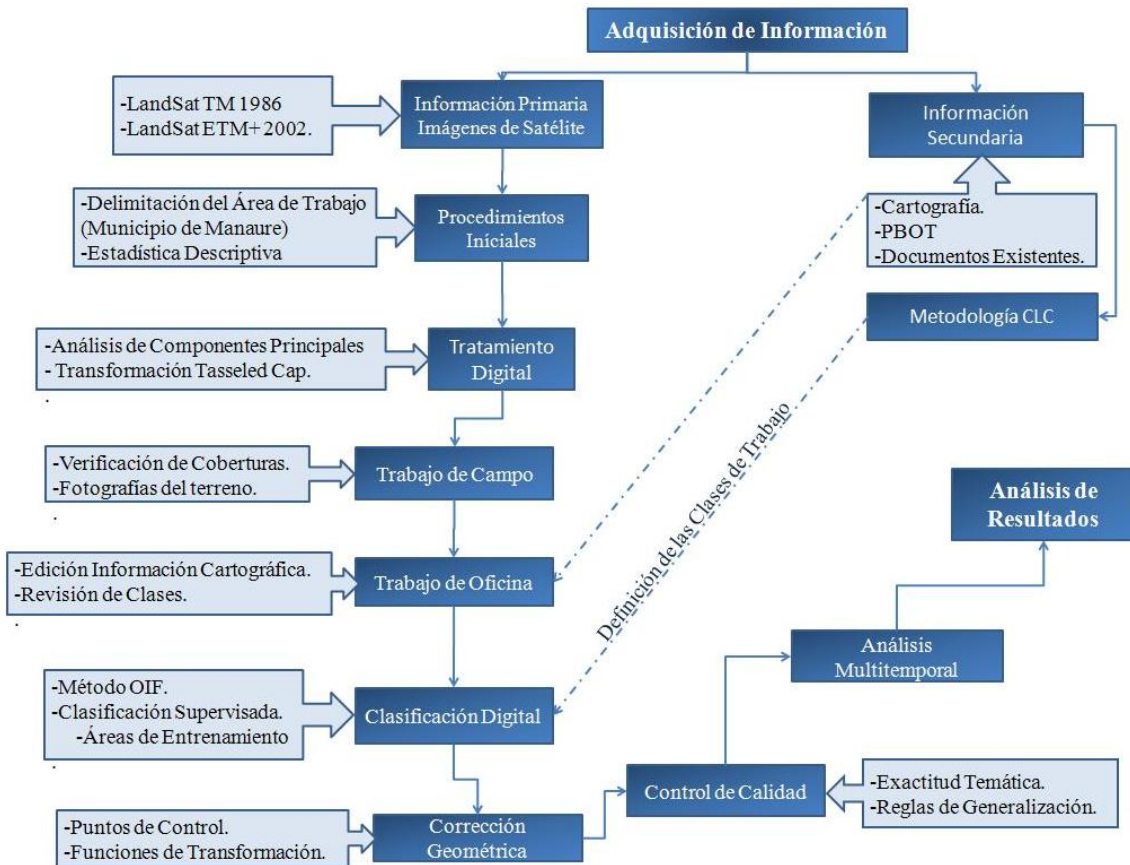


Figura 2 Diagrama Metodológico.

En la Figura 3 se observa el área de extracción para cada imagen, la diferencia en la orientación de las imágenes, sucede ya que es necesario trabajar con los datos originales (los cuales no están georreferenciados debido al formato de almacenamiento) hasta generar la clasificación, con la intención de no alterar la radiometría. Una vez generada la clasificación, se procede con la corrección geométrica donde se superan estas diferencias. Chuvieco (1998).

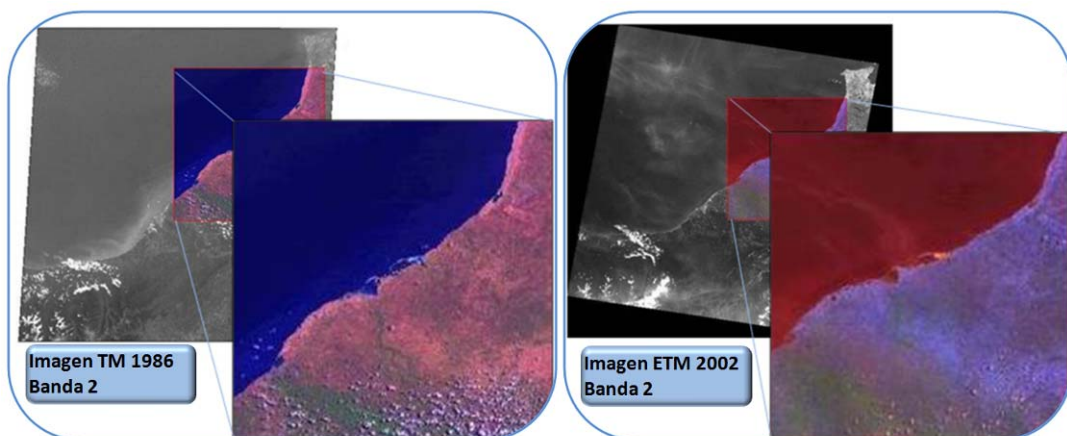


Figura 3 Extracción del Área de Trabajo Definitiva

### 3.1 Tratamiento Digital.

Inicialmente se realizaron procedimientos como el Análisis de Componentes Principales y la transformación Tasseled Cap, para evaluar en detalle la información relevante de las bandas originales en cada una de las imágenes.

El propósito de las transformaciones en las imágenes satelitales, se fundamenta en procesar los datos y analizarlos a partir de sus estadísticas y propiedades radiométricas, de tal forma que la imagen resultante evidencie información apropiada y puntual, que en la banda original no se percibía claramente.

Para la clasificación Digital se empleo el método OIF (Índice de Factor Optimo) para tomar las combinaciones de bandas que con mayor cantidad de información, Chávez et al. (1982). Para la imagen TM 1986 el algoritmo reporto la combinación RGB 257, mientras que para la imagen ETM 2002 la combinación fue RGB 145.

Luego de la visita de campo se definieron las siguientes clases de trabajo para definir las áreas de entrenamiento en las imágenes. Las clases fueron definidas en la Tabla 2, a partir de la metodología CLC Corine Land Cover:

Tabla 2 Clases de Trabajo (Nomenclatura Corine Land Cover).

CLASES IMPLEMENTADAS AL PROYECTO			COD CLC
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
Territorios Artificializados	Zonas urbanizadas	Tejido Urbano Continuo	111
Bosques y Áreas Seminaturnales	Bosques	Bosque de Galería	313
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Arbustos o Matorrales	322
		Vegetación Esclerófila	323
	Áreas abiertas, con o sin poca vegetación	Playas, Arenales y Dunas	331
Tierras desnudas		333	
Áreas Húmedas	Áreas húmedas continentales	Zonas Pantanosas	411
	Áreas húmedas costeras	Salinas	422
Superficies de Agua	Aguas continentales	Lagunas	512
	Aguas marítimas	Lagunas Costeras	521
		Mares y Océanos	523
Sin Dato		Sombra (0)	0
		Nube (0)	0

Previamente a la clasificación supervisada se definieron las áreas de entrenamiento, las cuales son la guía para la clasificación, con ellas se establecen los rangos de valores digitales para cada clase de trabajo. Se deben tener en cuenta los siguientes criterios, Sobrino (2000):

\*Forma.      \*Localización.      \*Número.      \*Tamaño.      \*Uniformidad.

La evaluación de la calidad de las áreas de entrenamiento se efectuó por medio de la Matriz de Divergencia Transformada, un método estadístico de la divergencia que calcula la medida en que cualquier par de clases se separa una de otra en una clasificación multispectral. Harris (1987).

Posteriormente el método empleado para las clasificaciones fue el MLC (Clasificador de Máxima Verosimilitud) Este método considera que los niveles digitales de los pixeles pertenecientes a una misma clase, presentan una variación natural que sigue estadísticamente una distribución normal. Sobrino (2000).

La corrección geométrica se realizo a partir de cartografía certificada e incluye cualquier cambio en la posición que ocupan los pixeles en la imagen. Por ser un formato digital, esta transformación puede basarse en funciones numéricas que permiten modificar la geometría de la imagen. Los puntos de control son evaluados calculando el RMS (Error Medio Cuadrático) y los criterios para su definición son:

\*Número de Puntos.      \* Localización      \*Distribución.

En esta etapa, la información fue trabajada en formato raster, una vez se han georeferenciado las clasificaciones (Raster), se procede a exportar la información a tipo vector, donde se aplica el Control de Calidad con los siguientes ítems: Exactitud Temática (Calidad de las áreas de entrenamiento - Matriz de Confusión – Índice Kappa), Reglas de Generalización y Etapas del Control de Calidad

### 3.2 Análisis Multitemporal

Los resultados obtenidos de la clasificación supervisada permiten generar el análisis correspondiente a las variaciones en el tiempo de las coberturas o clases definidas. Es decir, a partir de las clasificaciones generadas para cada periodo se calcula la diferencia píxel a píxel, para evaluar los cambios significativos en el tiempo.

En la Figura 4 (Izq.) se identifican con valores distintos a cero las transformaciones de las coberturas en el tiempo. Los valores de cero indican zonas estables en el tiempo, donde los cambios son nulos y las coberturas han permanecido durante el periodo de análisis, ejemplo de esto es el Mar Caribe. El rango de valores depende del número de clases creadas, en cuanto el valor sea más distante de cero, mas fuerte será el cambio de material y reflectancia en el tiempo.

Los cambios están asociados a las zonas con valores extremos, es decir, como se observa en la Figura 4 (Der.), en términos generales se aprecia para el municipio de Manaure valores relativamente pequeños y relacionados con las coberturas de tierra degradada y vegetación esclerófila.

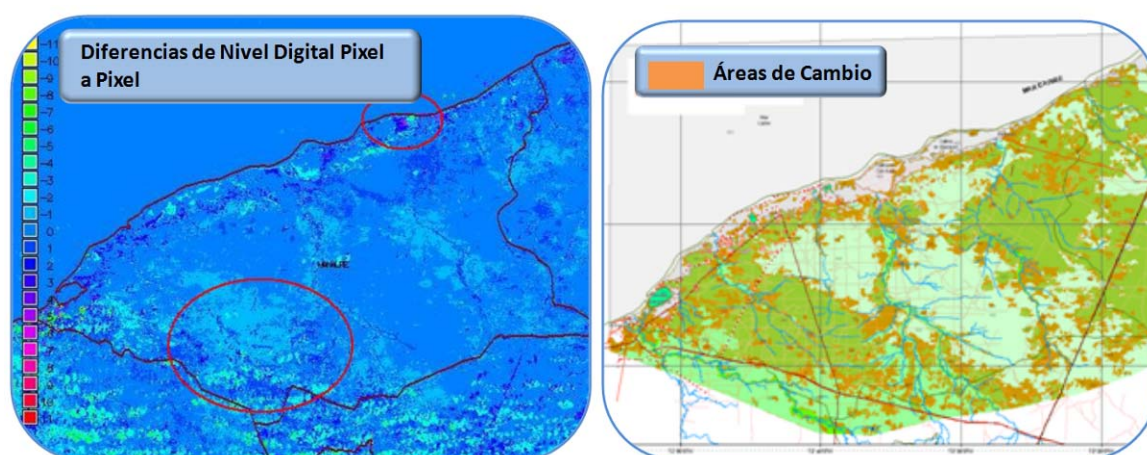


Figura 4 Diferencias las dos clasificaciones.

Con los vectores de trabajo, obtenidos a partir de la clasificación supervisada, se realizó la superposición y evaluación de las áreas que cambiaron en el tiempo, la Figura 4 (Izq.), muestra las áreas de transición de color naranja, que están distribuidas por toda el área de estudio, aunque los valores más altos de cambio, se aprecian en la zona central de la imagen

## 4. Resultados y Discusión.

Los porcentajes de cambio, con relación al total del área de estudio, se aprecian en la última columna de la Tabla 3. Las coberturas con mayor área (Recuadros sombreados) en las imágenes, pertenecen a la clase 523 “Mar Caribe”, la clase 333 “Tierras desnudas y degradadas” y la clase 323 “Vegetación Esclerófila”. Las dos últimas presentan cambios opuestos en el tiempo, es decir, mientras que las Tierras desnudas y degradadas aumentan en 2.62%, la Vegetación Esclerófila disminuye en 1.15%, esto posiblemente, es debido a las condiciones normales desérticas de la región (Temperaturas alrededor de 24 grados

Centígrados y vientos Alisios del Noreste) o por el uso del suelo, este incremento genera una disminución importante en las coberturas de Rastrojo alto, Arbustos y Matorrales.

Tabla 3 Calculo de Cambios en las Coberturas.

COD CLC	CLASES	Imagen 1986		Imagen 2002		Diferencia en el tiempo	
		Área Ha	% de Ocupación	Área Ha	% de Ocupación	Área Ha	% de Variación
111	Tejido Urbano Continuo	543,15	0,15%	1.276,53	0,36%	733,38	0,21%
313	Bosque de Galería	4.582,71	1,28%	4.547,36	1,27%	-35,35	-0,01%
322	Arbustos o Matorrales	35.795,12	10,02%	32.226,83	9,02%	-3.568,29	-1,00%
323	Vegetación Esclerófila	100.745,75	28,20%	96.634,20	27,05%	-4.111,54	-1,15%
331	Playas, Arenales y Dunas	12.613,78	3,53%	12.333,78	3,45%	-280,00	-0,08%
333	Tierras desnudas o degradadas	75.963,69	21,27%	85.308,83	23,88%	9.345,14	2,62%
411	Zonas Pantanosas	306,68	0,09%	0,00	0,00%	-306,68	-0,09%
422	Salinas	3.784,29	1,06%	3.456,84	0,97%	-327,45	-0,09%
512	Lagunas	151,19	0,04%	158,96	0,04%	7,78	0,00%
521	Lagunas Costeras	1.027,55	0,29%	1.335,73	0,37%	308,18	0,09%
523	Mares y Océanos	119.704,49	33,51%	119.682,06	33,50%	-22,43	-0,01%
0	Sin Dato	1.995,52	0,56%	252,78	0,07%	-1.742,74	-0,49%
TOTAL		357.213,90	100,00%	357.213,90	100,00%		

En la Figura 5 (Izq.) se muestran las variaciones más importantes en las coberturas definidas previamente.

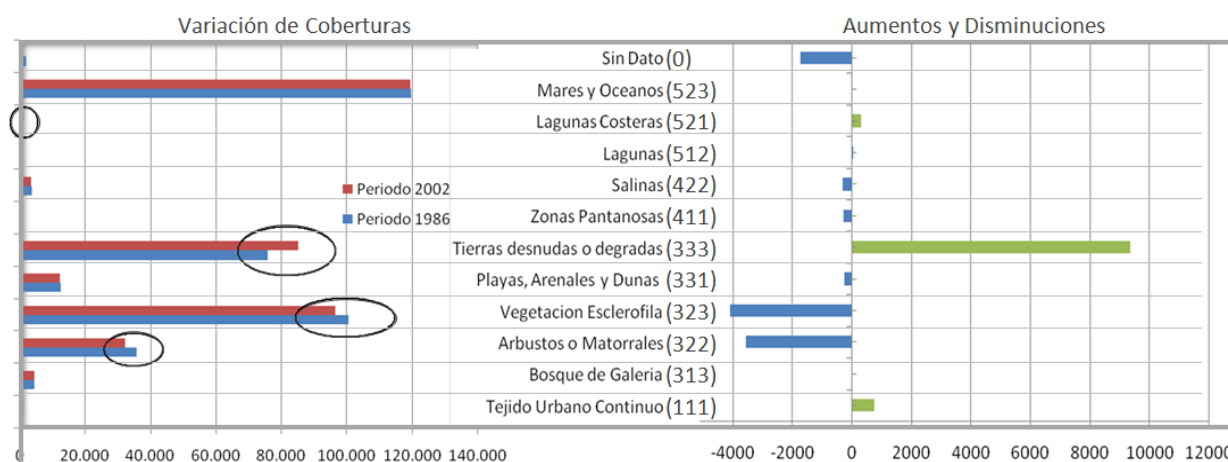


Figura 5 Variación en las Coberturas en Hectareas

En cuanto a la categoría correspondiente a las Salinas (Clase 422), en el año 2002 se tiene una extensión de 3.456 ha de Salinas, con una disminución en 16 años calculada en 327 ha, correspondiente al 0.09% del área total de estudio. Esta disminución es el resultado de una mejor definición de las parcelas destinadas a la generación de sal, lo cual es importante y satisfactorio desde el punto de vista de la producción.

Los aumentos y disminuciones en las distintas clases de trabajo se aprecian en la Figura 5 (Der.), donde se observa claramente de color verde las coberturas que incrementaron su extensión, y de color azul las que redujeron en área. Adicionalmente a las variaciones de coberturas ya planteadas, se observa un incremento en las zonas urbanas y en las lagunas costeras, que de acuerdo con las características de estas clases es un aumento representativo. La clase Tejido Urbano (Color Rojo, Clase 111), aumento en el periodo de análisis 733 ha, es

decir el 0.21%, en las cuales están considerados distintos centros poblados como: Riohacha, Manaure, Uribía y el Paso.

La clasificación supervisada resultante de la ejecución de las distintas etapas del procesamiento digital se aprecia en la Figura 6, permite visualizar de manera concreta los cambios en las distintas coberturas de trabajo.

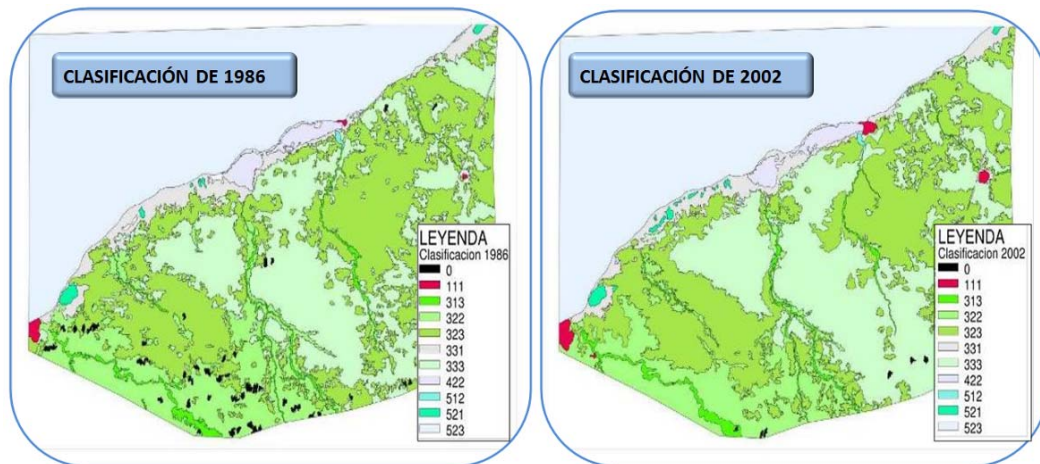


Figura 6 Clasificación Supervisada

En cuanto a los cuerpos de agua como Lagunas (Clase 512) y Lagunas Costeras (Clase 521), es evidente el incremento de 308 Ha, ver Figura 7, con el registro de nuevos cuerpos de agua, el cual es bastante alto considerando que el aumento se concentra a lo largo de toda la zona costera, generando que las actividades que allí se realizan se vean amenazadas, por inundaciones y masas de agua que dieciséis años atrás no existían.

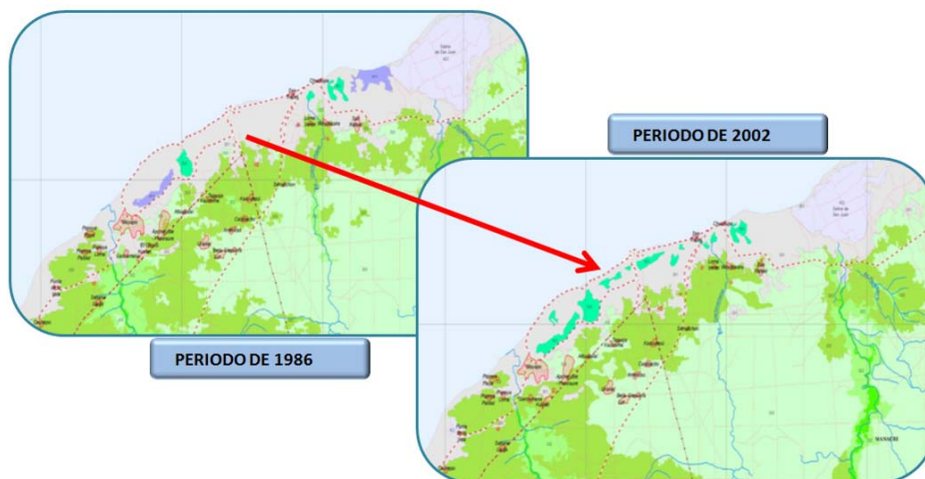


Figura 7 Variación de las Lagunas Costeras.

Este cambio permite sugerir un aumento en el nivel del mar, que seguramente continuara haciéndose más notorio. Algunos de los efectos negativos del aumento de nivel del mar, son los daños causados a la infraestructura gasífera localizada en esta zona, además de altos niveles en los cuerpos de agua en las temporadas invernales, generando inundaciones e inviernos más crudos de los cuales ya se han tenido evidencia.

El crecimiento del área urbana del Municipio de Manaure, notable a partir del análisis multitemporal, es debido al incremento poblacional de la zona. De acuerdo con las proyecciones realizadas por el Departamento Nacional de Estadísticas DANE, Manaure contaba para el año 1986 con 10.962 habitantes, y en el 2002 contaba con un total de 56.413

habitantes. Luego el crecimiento poblacional se calculo en aproximadamente 30% por año. Este efecto es causado en su mayoría por el auge laboral de las salinas en la costa del Mar Caribe, y por lo tanto migran a estas zonas para tener el acceso a esta actividad económica.

## **5. Conclusiones.**

A pesar del gran aumento en la resolución espacial de algunos productos o imágenes satelitales del mercado, las imágenes Landsat continúan siendo valiosas por la amplitud espectral que logran. Las imágenes empleadas en este estudio ofrecieron la información necesaria para generar los productos requeridos.

Por otra parte, la Metodología implementada está respaldada por los resultados obtenidos. Sin embargo, no es la única posibilidad en cuanto al tratamiento de la información, y esta susceptible de cambios y correcciones para el mejor aprovechamiento de los datos. Por ejemplo, particularmente la Corrección Geométrica se realizo al final de la Clasificación Digital para evitar alterar la radiometría original de las imágenes, pero es claro, que el procedimiento al realizarlo preliminar a la etapa de tratamiento Digital, permite la posibilidad de asociación con información cartográfica complementaria, lo cual puede contribuir a la comprensión e interpretación inicial.

Los resultados del presente documento, son empleados por la Corporación Autónoma Regional de la Guajira, quienes realizan actualmente el diseño del Plan de Gestión Ambiental (2011 - 2020) para el departamento.

Los resultados obtenidos a partir de implementar únicamente software libre para este proyecto abren la puerta a variedad de aplicaciones considerando los costos de licenciamiento en un segundo plano, es decir, se abre la posibilidad de realizar proyectos de alto nivel tecnológico a costos accesibles para las poblaciones de bajos recursos

## **Agradecimientos.**

La realización de este proyecto fue posible gracias al apoyo de nuestras familias y amigos, que siempre alimentaron nuestro espíritu de cariño y de buenas razones para culminar nuestra labor.

## **Referencias.**

Chávez, P.S Jr, G.L. Berlin y L.B. Sowers; Statistical Method for Selecting Landsat MSS Ratios. Journal applied Photographic Engineering. Vol. 8, 1982. 23-30 p.

Chuvieco, Emilio; Fundamentos de Teledetección Espacial, 1998.

European Environment Agency; Corine Land Cover Technical Guidelines. 2006.

Harris, Ray; Satellite Remote Sensing an Introduction. 1987. 99 – 103 p.

Jensen, J.R; Introductory Digital Image Processing a Remote Perspective. 2005.

Joyce, A.T; Procedures for Gathering Ground Truth Information for a Supervised Approach to a Computer-Implemented Land Cover Classification of Landsat-Acquired Multispectral Scanner Data. NASA. 1978.

Neteler, Marcus y Mitasova, Helena; Open Source Gis a Grass Gis. 2008.

Sobrino, José; Teledetección. Universidad de Valencia. 2000. 263 – 268 p.

GLCF. Global Land Cover Facility, Fuente de las imágenes Satelitales. Disponible en: <<http://glcfapp.glcfc.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>

Handbook Landsat 7, Disponible en: <[http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook\\_toc.html](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook_toc.html)>