

# Convención Trópico 2004

## Cartografía temática de la cobertura de manglares mediante imágenes satelitales Landsat-7 y el ENVI 3.5

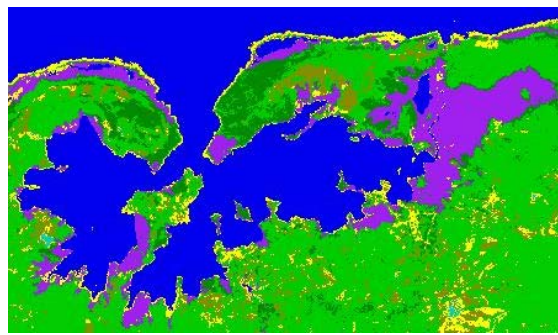
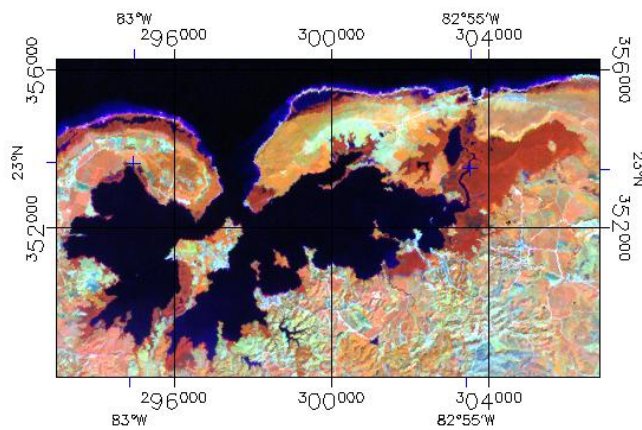
***Autores:***

***Dr. Ricardo Alvarez Portal \****

***Dra. Sara Interián Pérez \****

geomatic@cenpalab.inf.cu

***\* INVESTIGADORES TITULARES DEL CENTRO NACIONAL PARA LA PRODUCCIÓN DE ANIMALES DE LABORATORIO***



# Convención Trópico 2004

## **Cartografía temática de la cobertura de manglares mediante imágenes satelitales Landsat-7 y el ENVI 3.5**

*Autor: Dr.C.T. Ricardo Alvarez Portal, Dra. Sara Interián Pérez\**

*\* Investigadores Titulares del Grupo de Geomática*

*Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB-CITMA), Cuba*

*Teléfono: 57- 9058*

*E-mail: geomatic@cenpalab.inf.cu*

### **Introducción**

Los manglares se distribuyen en zonas litorales de nuestro archipiélago, cubriendo gran parte de su línea de costa en tierra firme y los miles de cayos que se ubican en la plataforma marina. En estos importantes ecosistemas tienen su hábitat un gran número de especies de la fauna cubana, donde la biodiversidad adquiere un grado muy significativo; se caracterizan, además, por sus características de bosques protectores, a su papel como indicador muy importante del estado medio ambiental. Por este motivo, en Cuba se le presta una especial atención a los estudios de manglares.

El presente trabajo Científico-Técnico, abarca los aspectos teóricos, técnicos y metodológicos que permitieron llevar a cabo las actividades de Percepción Remota, en interconexión con otros métodos de investigación y tecnologías de avanzada, dirigidos a obtener información georreferenciada en apoyo a los estudios que se han venido llevando a cabo en Cuba para caracterizar y cartografiar las zonas de manglares.

Estos ecosistemas de manglares soportan grandes presiones que provocan su deterioro y desaparición parcial desde hace muchos años en la franja costera, y desde hace una década en las cayerías, originadas por la actividad pesquera, el turismo, la fabricación de carbón, la caza, la polución, entre otras. También son seriamente azotados por ciclones, huracanes, granizadas y enfermedades.

La ubicación del recurso manglar, la delimitación de su distribución espacial georreferenciada y cálculo de su superficie, así como el estudio de su evolución espacio-temporal, es una tarea que realizada con los métodos convencionales y siguiendo los esquemas científico-técnicos tradicionales conlleva a falsas apreciaciones o, por lo menos, imprecisas, del ecosistema manglar y su interacción con el entorno. Esto provoca o determina una errada ordenación e identificación de manejo de este importante recurso.

La Percepción Remota en interconexión con otras técnicas y métodos actuales de captura, tratamiento, análisis y representación georreferenciada de información sobre los

territorios, se presenta como una eficaz herramienta metodológica y tecnológica de amplia aplicabilidad a los estudios y la cartografía de la vegetación, incluyendo, en particular, a los manglares, ya que estos por lo general se desarrollan en zonas de difícil acceso para los especialistas que realizan los trabajos de investigación *in situ* mediante métodos convencionales.

## **Objetivos**

Emplear la capacidad informativa de las imágenes de percepción remota tomadas con el sensor remoto **ETM+** del programa espacial **Landsat-7** con el fin de realizar la cartografía temática de la distribución espacial de los manglares en el territorio nacional, apoyándose en el procesamiento Digital de Imágenes mediante el software **ENVI 3.5**.

Coadyuvar a la adquisición de información georreferida del recurso manglar en el territorio cubierto por las imágenes satelitales del **Landsat-7** con las que se cuenta, incluyendo la franja costera en tierra firme y las cayerías, mediante la interpretación y clasificación visual-instrumental y automatizada de dichas imágenes de percepción remota y llevar a cabo la cartografía temática de la cobertura espacial de mangles, creando espaciomapas a escala **1:50 000**.

## **Materiales, tecnologías y métodos. Aspectos metodológicos**

### **Materiales**

#### **A. Imágenes satelitales utilizadas en los estudios de manglares**

Debido a diferentes factores, entre ellos económicos, se eligieron las imágenes satelitales que son obtenidas mediante el sensor remoto **ETM+** del **Landsat 7**, para llevar a cabo los trabajos de percepción remota aplicados a la cartografía temática de la cobertura de manglares. Dichas imágenes pueden ser utilizadas para la cartografía temática a escalas **1:50 000** y menores, en aspectos relacionados con coberturas vegetales, embalses, suelos, entre otros, según los análisis que se han realizado y de acuerdo a la bibliografía consultada. La banda pancromática del sensor **ETM+** posee una resolución espacial suficiente como para obtener salidas cartográficas temáticas incluso a escala **1:25 000**.

El **ETM+** es un nuevo Mapeador Temático que posee las posibilidades de su antecesor, el **TM**, pero mejorado en su concepción técnica: una banda 8 pancromática y una banda térmica, de 15 y 60 metros de resolución espacial, respectivamente.

Las características técnicas generales de las bandas del **ETM+ - Landsat 7** se dan en la tabla 1. Para más información se pueden consultar las páginas Web de la NASA y otras que tratan sobre los aspectos relacionados con la Percepción Remota satelital.

TABLA 1

CARACTERISTICAS DE LAS BANDAS DEL ETM+ - LANDSAT-7					
Banda Numero	Rango espectral ( $\mu$ )	Resolución espacial (m)	Líneas de datos por barrido	Bytes	Bits
1 (Azul)	.450 a .515	30	16	6,600	8
2 (Verde)	.525 a .605	30	16	6,600	8
3 (Rojo)	.630 a .690	30	16	6,600	8
4 (IR Cercano)	.775 a .900	30	16	6,600	8
5 (IR Medio)	1.550 a 1.750	30	16	6,600	8
6 (IR térmico)	10.40 a 12.50	60	8	3,300	8
7 (IR Medio)	2.090 a 2.35	30	16	6,600	8
8 (Pancromatica)	.520 a .900	15	32	13,200	8

En la figura 1 se muestran recortes de una escena de las bandas del **ETM+** en el espectro visible (B1,B2 y B3), en el infrarrojo cercano (B4), en el infrarrojo medio (B5 y B7), en la banda pancromática (B8) y en la del infrarrojo térmico (B6):

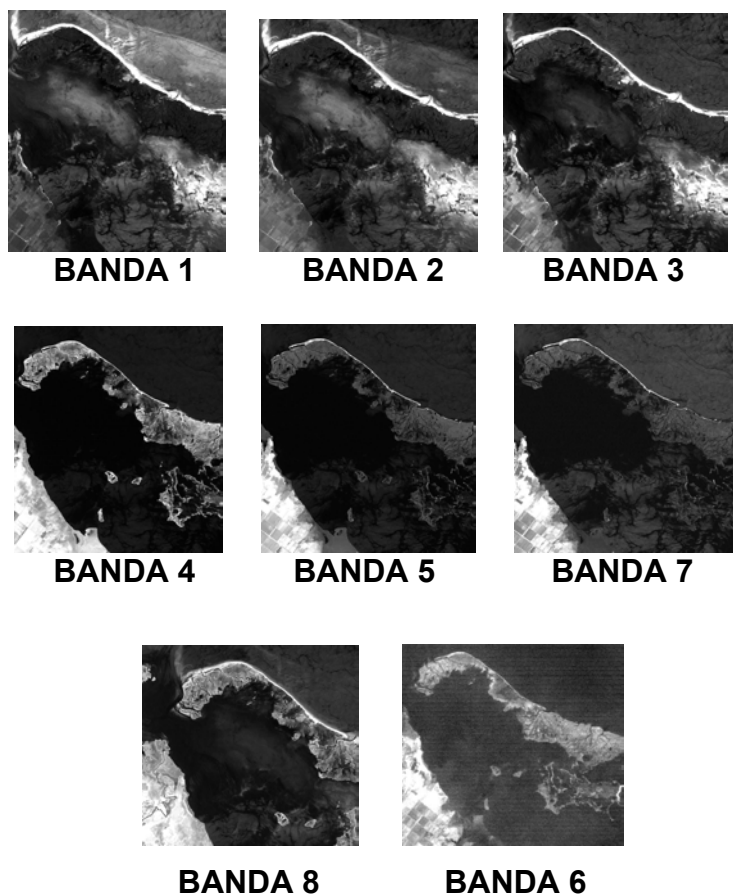


Figura 1. Ejemplos de las bandas de una imagen del **Landsat-7**

El territorio de Cuba lo cubren totalmente unas dieciséis escenas del sensor **ETM+** del **Landsat-7**. Para la ejecución del trabajo, el Centro Nacional de Áreas Protegidas (**CNAP**) donó al **CENPALAB** quince de ellas, con todas las bandas de las escenas completas y las características técnicas que más arriba fueron señaladas (Tabla 2). Algunas de imágenes presentan coberturas nubosas en las zonas litorales y en los cayos que impidieron obtener información sobre los manglares.

TABLA2

Escenas	Escenas
10-046	14-044
11-045	14-045
11-046	15-044
12-045	15-045
12-046	16-044
13-044	16-045
13-045	17-044
13-046	17-045

Seguidamente se muestran algunas escenas del **Landsat-7** que fueron utilizadas en la ejecución del resultado (Fig.2).

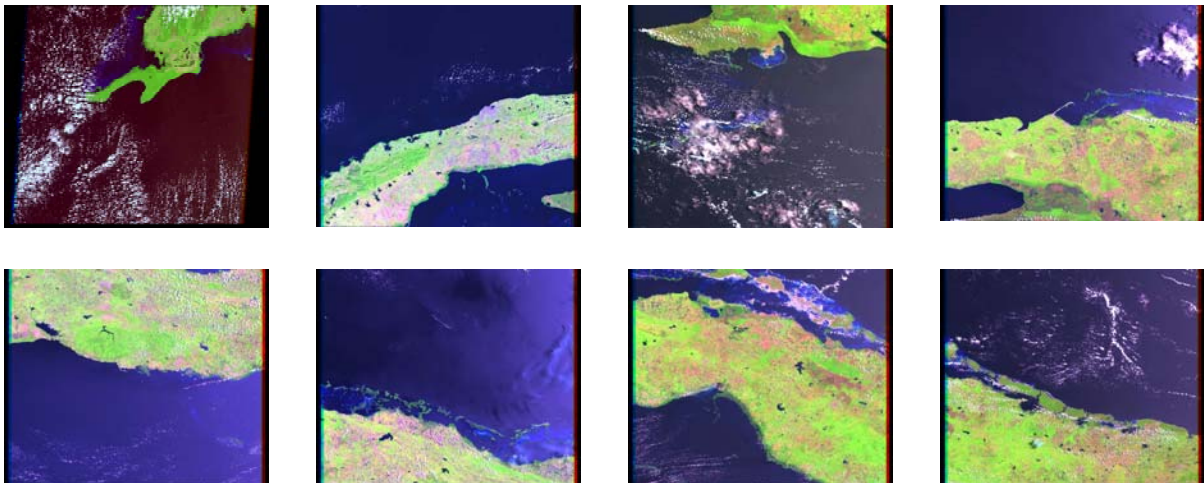


Figura 2. Algunas escenas del **Landsat-7** utilizadas en el presente trabajo

### B.- Otras Imágenes satelitales utilizadas

Se utilizó una fotografía cósmica tomada con la cámara satelital **KFA-1000** (Rusia), de distancia focal **f = 1 000** mm, formato **30 x 30** cm, que cubre parte de la provincia de

Matanzas. El objetivo que se perseguía era comprobar el empleo combinado de las imágenes **Landsat-7** y **KFA-1000**, lo cual dio resultados satisfactorios (Alvarez Portal,R. 2003).

### **C. Imágenes fotográficas aéreas utilizadas**

Se emplearon varios pares de fotografías aéreas que cubren la zona litoral de la ciudad de Cárdenas y de Varadero, tomadas con la cámara **RC-8** (Suiza), de distancia focal **f = 152 mm** y formato **23 x 23 cm**. Las fotografías son en blanco y negro y tienen una escala aproximada de **1:30 000**. El objetivo que se perseguía era comprobar la factibilidad del empleo de estas imágenes en la toma de muestras para la clasificación supervisada y para los fines de la comprobación de este proceso.

### **D. Mapas topográficos empleados**

Se utilizaron mapas topográficos a escala **1:50 000** en formato raster, georreferenciados, que forman parte de la Base Cartográfica Digital Georreferida (aproximadamente 400 hojas) que desarrolla el autor en el contexto de un proyecto del CENPALAB.

Estos materiales se utilizaron para obtener las coordenadas de los puntos de apoyo utilizados en la georreferenciación de las imágenes **Landsat-7** y para los estudios de las variaciones espacio-temporales de las coberturas de mangles.

## **Tecnologías y métodos**

### **A. Software y hardware empleados**

#### **A1.- Software de teledetección ENVI 3.5; sus características generales**

En el tratamiento digital de imágenes se empleó el **ENVI 3.5**, un software muy versátil, completo y avanzado para aplicaciones relacionadas con las ciencias de la Tierra, considerado como un programa muy fácil de asimilar, destacándose por el aprovechamiento máximo de las posibilidades del hardware, por ser muy “amigable” en las interfases con el usuario y sumamente rápido en sus operaciones.

Este software permite realizar automáticamente mosaicos de imágenes y balance de color, hacer sobre-vuelos simulados (roam) y zoom en tiempo real, obtener el realismo de tres dimensiones, convertir de raster a vector y viceversa, crear interpolación de superficies, efectuar correcciones radiométricas y geométricas, visualizar y procesar imágenes radar SAR (Synthetic Aperture Radar), obtener imágenes aéreas y espaciales ortorectificadas, entre otros tratamientos.

Mediante el **ENVI 3.5** se pueden efectuar clasificaciones supervisadas y no supervisadas para transformar y clasificar en diferentes clases temáticas los datos multiespectrales e hiperspectrales contenidos en las imágenes.

Es posible exportar e importar imágenes de cualquier tamaño e interactuar con distintos software de SIG, entre ellos el **ARC/INFO** y **ArcView** y con software de procesamiento digital de imágenes, como el **ERDAS** y **PCI**. También permite comprimir y efectuar descompresión de imágenes en tiempo real.

La combinación de estas ventajas coloca a **ENVI 3.5** como una solución tecnológica inteligente para procesamiento de imágenes y composición cartográfica.

### **A.2.- Software complementarios empleados**

El **ArcView 3.2** se empleo en el manejo de los vectores obtenidos automáticamente mediante el **ENVI 3.5** y para la superposición de éstos sobre la imagen, entre otras tareas.

El programa **Mapinfo 6.5** se utilizó en el manejo de la Base Cartográfica Digital Georreferida a escala **1:50 000** desarrollada por el autor y la implementación de la aplicación SIG a manglares.

**ADOBE PHOTOSHOP V.7** se utilizó en la visualización de imágenes satelitales en formato .jpg para el análisis de los territorios estudiados y en otras tareas.

### **A3.- Hardware empleado**

- PC Pentium IV, Disco duro de 100 Gb, RAM de 1.5 Gb, 1,7 GHz; display de 19"
- Scanner
- Plotter
- Otros

### **B.- Métodos**

En el transcurso de las investigaciones se emplearon los métodos y tecnologías de avanzada utilizados actualmente para la captura de datos e imágenes de extensos territorios y en el procesamiento automatizado de la información: la percepción remota, los GPS y los SIG.

También fue empleado el método cartográfico de investigación, fundamentalmente en el proceso de planeamiento de las actividades, el estudio de las características físico geográficas de la región de estudio, la captura de coordenadas de puntos de apoyo para la georreferenciación de las imágenes, la ubicación de coberturas de interés, la evaluación de variaciones espacio-temporales, y en otras tareas.

Los principales aspectos metodológicos relacionados con el uso de las técnicas de percepción remota, los GPS, los SIG y la cartografía existente en los estudios de las zonas de manglares, están basados en varios aspectos fundamentales:

**1.-** El primer aspecto se basa en el previo análisis de la información existente acerca de los estudios y la cartografía realizados en el área de estudio sobre la temática del recurso manglar.

**2.-** En aplicaciones temáticas que abarquen incluso el estudio de las zonas de la plataforma mediante imágenes de satélite y aéreas, es indispensable conocer las condiciones de la atmósfera y las características óptico-hidrológicas de las regiones marinas de la zona de estudio, así como las condiciones meteorológicas que existieron en el momento de la adquisición de las imágenes aéreas y satelitales, que tiene como objetivo lograr una adecuada selección de las mismas y definir el status ambiental climático de las coberturas de mangles y de otros aspectos físicos de los ecosistemas.

Para el estudio de cualquier componente de los paisajes presentes en el territorio, se debe tomar en cuenta, además, del porcentaje de cobertura de nubes, altura del

oleaje, mareas y corrientes, precipitaciones ocurridas antes de los levantamientos y otros factores que afectan la calidad de las imágenes. Es importante conocer el estado de stress por sequía y la humedad de las formaciones vegetales que pueden complicar, además, el proceso de clasificación de las coberturas de vegetación en las imágenes. También es necesario considerar la hora de la toma de las imágenes con el fin de evitar el efecto del brillo reflejo de la luz sobre la superficie marina.

3.- Otro aspecto muy importante, es lograr un procesamiento digital homogéneo y óptimo de las imágenes, que garantice clasificaciones eficientes, considerando:

- La selección de bandas óptimas que se vayan a emplear en los estudios. Todo ello trae aparejado una selección de las bandas más informativas y un proceso de realces, mejoras y transformaciones digitales de las imágenes.
- Una adecuada selección de las muestras de coberturas por diferentes vías, incluyendo los indispensables muestreos previos en campo para el procesamiento y clasificación de las imágenes. También se debe considerar el uso de distintas imágenes, incluyendo las de radar, si es posible adquirirlas, así como imágenes multitemporales si se requiere un estudio de la dinámica espacio-temporal de fenómenos o de afectaciones que puedan haber ocurrido (por ejemplo, incendios, enfermedades, entre otros).
- Un correcto proceso de selección y determinación de los puntos de apoyo y de control para lograr una georreferenciación de elevada exactitud de las imágenes con el fin de obtener espaciomapas que cumplan con los requisitos cartográficos establecidos.

En las actividades relacionadas con los estudios de los territorios y la cartografía de los mismos, los documentos cartográficos especiales confeccionados mediante imágenes aéreas y espaciales juegan un papel muy importante, como es el caso de los fotoplanos, ortofotoplanos, espaciomapas, modelos tridimensionales del relieve, etc.

La tarea relacionada con la obtención de la geoinformación a partir de las imágenes es compleja y abarca disciplinas como la fotointerpretación, la fotogrametría y el procesamiento digital de imágenes.

## **Procesos realizados. Resultados alcanzados y análisis**

### **A. Procesos generales**

Para confeccionar un documento cartográfico georreferenciado y clasificado a partir de las imágenes de PR (fotoplano, ortofotoplano, espaciomapa), es necesario realizar la clasificación y corrección geométrica de éstas con un gran rigor científico-técnico.

El proceso de la corrección geométrica (georreferenciación) de las imágenes presupone, en el sentido actual de este concepto, la realización de las siguientes operaciones (tratamientos) sobre la imagen original (Alvarez,1997), (Gonin, 1975), (Chuvienco,1996):

- ◆ Corrección de las desviaciones de la posición de los puntos-imagen por efecto de los ángulos de inclinación de la plataforma portadora del sensor.
- ◆ Corrección de las desviaciones de la posición de los puntos-imagen por efecto del relieve del terreno fotografiado



- ◆ Corrección de las desviaciones de la posición de los puntos-imagen por efecto de la curvatura terrestre
- ◆ Transformación de la proyección de las imágenes a la proyección cartográfica del mapa dado (Lambert, Mercator, etc)
- ◆ Escalado de las imágenes
- ◆ Montaje de las imágenes transformadas y ajuste de las mismas a las dimensiones de la base (hoja o trapecio) de la base cartográfica (mapa).

En la actualidad existen diferentes métodos y tecnologías para la ejecución de las correcciones geométricas de las imágenes de percepción remota; la transformación analítico-digital mediante ordenadores, está presente hoy en día como módulos específicos en un gran número de software especializados, utilizados en el procesamiento digital de imágenes de percepción remota.

El uso de las ortofotoimágenes y de los fotomapas y espaciomapas confeccionados a partir de distintas imágenes de PR, se ha extendido en los últimos años con gran profusión, debido a sus amplias ventajas informativas. Por este motivo, es que se ha planteado como resultado fundamental en el trabajo que se presenta **los espaciomapas temáticos digitales en formato raster a escala 1:50 000**, que podrán ser empleados por los especialistas en los estudios de los manglares mediante la PR.

Un aspecto no menos importante, es lograr un aprovechamiento óptimo de las posibilidades que brindan los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los Sistemas de Posicionamiento por Satélite, en estrecha interconexión con la PR. A partir de una óptima combinación de estas tecnologías se logran resultados más eficientes.

Entre otras tareas realizadas durante la ejecución del resultado, se cargaron los programas en los equipos de computo y se configuraron todos con el datum geodésico del país (Cuba Norte y Cuba Sur).

Simultáneamente, se consultaron los trabajos más relevantes y actualizados sobre los tópicos involucrados.

Los mapas topográficos en formatos analógicos y digital fueron empleados en el estudio del territorio y la captura de coordenadas de puntos de apoyo para la georreferenciación de imágenes de satélites. Se “escanearon” y, mediante el programa **ENVI 3.5**, se georreferenciaron los mapas topográficos a escala **1:50 000** para capturar la información cartográfica.

Los espaciomapas delimitan las zonas geográficas que se trabajarían y se proyectó que estuvieran confeccionados en un formato cartográfico atípico que consta de las cuatro hojas del mapa topográfico a escala **1:50 000** que cubren hojas de escala **1:100 000**.

Los espaciomapas a escala **1:50 000** se confeccionaron siguiendo los criterios siguientes:

- Que las dimensiones de los espaciomapas, fundamentalmente el ancho de los mismos, estuviera en los límites del formato de salida de los plotter existentes (Formato A0).
- Disminuir al máximo la necesidad del montaje de imágenes distintas para obtener cada uno de los espaciomapas, ya que aquellas son de fechas

diferentes, con el fin de evitar las diferencias de información espectral que existen entre una y otra imagen.

- Obtener una cantidad mínima de espaciomapas para cubrir totalmente las zonas que ocupan las coberturas de mangle y evitar en lo posible que se cubrieran territorios fuera de las mismas .
- Los espaciomapas tendrían un solape entre ellos.

La metodología de confección de los espaciomapas coincidió de forma general con los aspectos planteados en el Resultado Científico Técnico **“Metodología para la creación y actualización de la cartografía temática del Sistema de Información Geográfica del Proyecto GEF/PNUD Cub/98/G32, mediante Percepción Remota (PR) y Sistema de Posicionamiento Global (GPS)”**, presentado por el autor y otros colaboradores a la Dirección del Proyecto GEF/PNUD, en el año 2001, aunque estos se modificaron en algunas de sus partes.

El diseño cartográfico adoptado para la información marginal de las hojas de los espaciomapas se ajusta a los internacionalmente empleados, con sus adecuaciones pertinentes.

A cada imagen del Landsat-7 se le realizó un procesamiento preliminar estándar: se desplegaron las imágenes y se realizaron recortes de escenas; se les aplicó la corrección atmosférica; se obtuvieron las imágenes de reflectancia y los índices de vegetación, componentes principales y Tasseled Cap; se llevaron a cabo distintas combinaciones de bandas; se realizaron fusiones con la banda pancromática y con distintas combinaciones de bandas espectrales.

Inicialmente, se llevó a cabo un gran número de clasificaciones no supervisadas con varias imágenes, definiéndose aproximadamente la cantidad de clases a clasificar. Más adelante, para llevar a cabo la clasificación supervisada, se definieron los campos de entrenamiento o muestras en las imágenes desplegadas, para lo cual se emplearon dos métodos establecidos en el **ENVI 3.5** (ROI, perfiles espectrales). Para ello, se contó con el apoyo de los trabajos de campo con GPS (simultáneamente se obtuvieron las coordenadas de puntos de control para la georreferenciación de las imágenes), los materiales cartográficos y fotografías aéreas existentes. Finalmente se llevó a cabo la clasificación de imágenes por diferentes métodos, así como la post-clasificación, el análisis estadístico y la comprobación de los resultados.

Las imágenes clasificadas de las coberturas de manglares se corrigieron geométricamente y se superpusieron sobre las imágenes de los espaciomapas, obteniéndose los espaciomapas temáticos digitales que contienen la cobertura clasificada de las poblaciones de los manglares y la información sobre otros elementos del paisaje dada en la propia imagen.

Las bases metodológicas y procedimientos técnicos para estudiar manglares mediante PR, GPS y SIG, se piensan ampliar en un futuro en el CENPALAB.

### **A. Resultados y análisis**

Se confeccionaron varios espaciomapas clasificados de las zonas de entrenamiento (Pinar del Río y Matanzas), comprobándose en la práctica que la metodología empleada es satisfactoria.

En la figura 3 se muestran los cubrimientos de los espaciomapas experimentales, confeccionados mediante dos de las escenas del Landsat-7

Espaciomapas confeccionados con la escena 17044 del Landsat 7



Espaciomapas confeccionados con la escena 15044 del Landsat 7

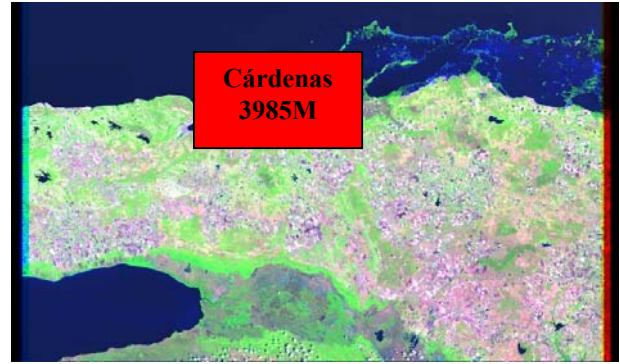


Figura 3. Se muestran los cubrimientos de los espaciomapas confeccionados mediante dos de las escenas del Landsat-7

En la figura 4 se pueden observar recortes de algunos espaciomapas confeccionados :

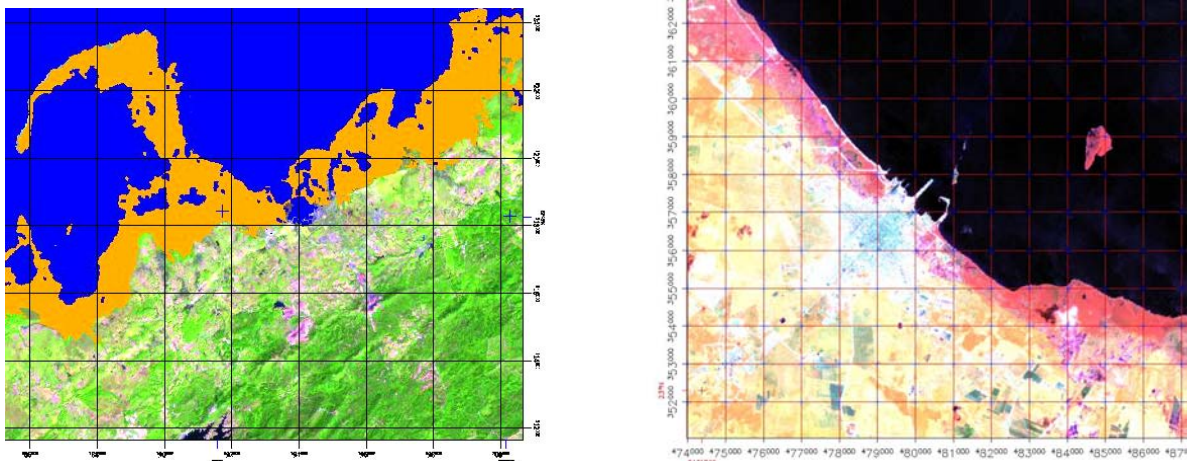


Figura 4. Recortes de dos espaciomapas. El de la izquierda corresponde a Dimas, y en él se ha superpuesto a la imagen el resultado de la clasificación de la cobertura de mangle. El de la derecha corresponde a Cárdenas, y sólo aparece la imagen.

Las combinaciones de bandas más informativas para delimitar visualmente las fronteras de las coberturas de mangle fueron la R4,V5,A3 y R4,V5,A7. A partir de las pruebas realizadas, se comprobó que con la combinación de bandas R3,V5,A7 es posible detectar afectaciones de los manglares y altos niveles de salinización del suelo.

La clasificación no supervisada realizada en el software ENVI por el método K-Means arrojó resultados satisfactorios con la combinación 7-2-7-20-2.

Los resultados alcanzados en la clasificación supervisada por los métodos de Máxima Probabilidad y la Distancia de Mahalanobis fueron los más satisfactorios. El

autor considera que el de Mahalanobis es el mejor de todos. La clasificación supervisada se debe realizar sólo con cuatro bandas:3,4,5 y 7.

Las herramientas para la toma de zonas de entrenamiento que emplea el ENVI resultan muy eficaces, y la obtención de los perfiles espectrales en combinación con los ROI y otros procedimientos herramientas es una opción idónea. Se recomienda el uso del 2D-Scatter Plot con la combinación de bandas 4 y 1.

Se comprobaron otros métodos del procesamiento espectral que ofrece el ENVI. Resulta imprescindible el post-procesamiento para comprobar los resultados mediante el análisis estadístico y obtener imágenes clasificadas de elevada calidad y certidumbre.

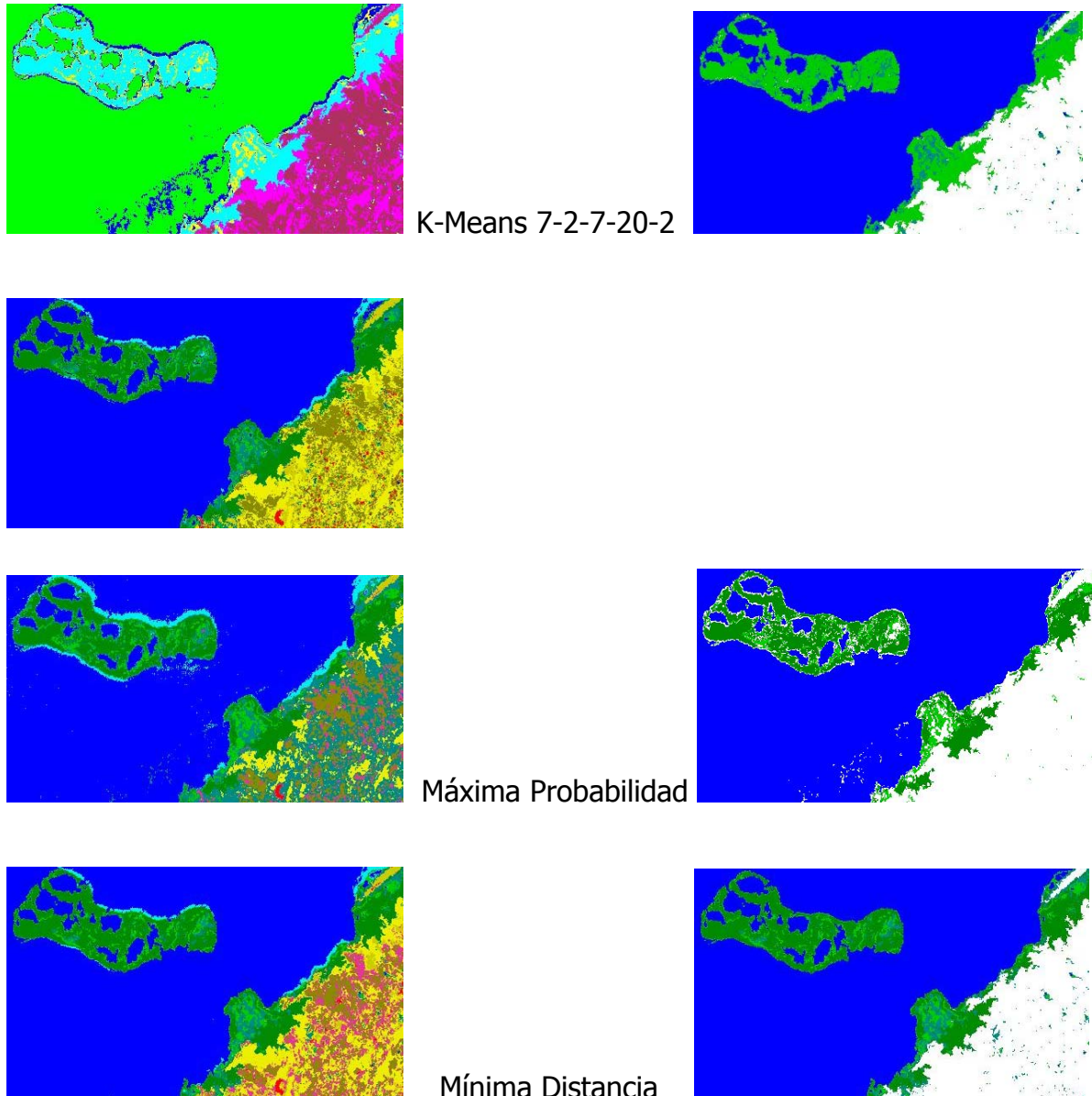


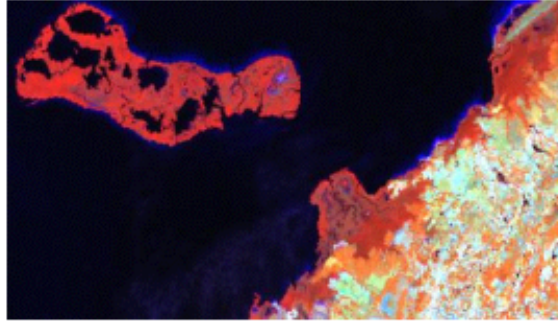
Figura 5. Imágenes clasificadas por diferentes métodos

Se realizó el análisis mediante la comparación de las coberturas de mangles que aparecen en los mapas topográficos y la clasificación de imágenes. Se detectaron

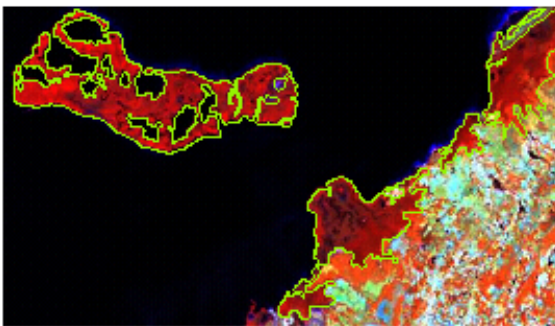
variaciones espaciotemporales, debido a distintos factores que podrían ser analizados por los especialistas.



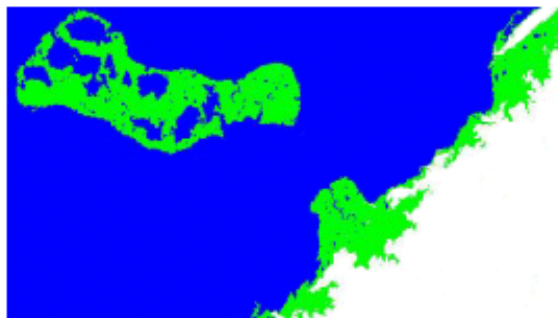
**MANGLE VECTORIZADO EN EL MAPA**



**IMAGEN SATELITAL PROCESADA**



**MANGLE VECTORIZADO EN LA IMAGEN**



**MANGLE CLASIFICADO POR PDI**



**MANGLE CLASIFICADO SUPERPUESTO SOBRE LA IMAGEN**

Figura 6. Detalles del procesamiento de imágenes

## Conclusiones

En el transcurso de las investigaciones se emplearon cuatro tecnologías de avanzada, utilizadas actualmente para la captura de datos e imágenes de extensos territorios y en el procesamiento automatizado de la información: la Percepción Remota, el Procesamiento Digital de Imágenes, los Sistemas de Posicionamiento por Satélite y los Sistemas de Información Geográfica. Los resultados alcanzados han demostrado que el uso combinado de estas tecnologías permite llevar a cabo la tarea de obtener espaciomapas temáticos de la cobertura de manglares con elevados niveles de calidad y certidumbre y en cortos plazos de ejecución si se dominan los procesos tecnológicos y metodológicos, si se manipulan los software con elevada maestría y se lleva a cabo el trabajo con un carácter sistémico.

Es necesario continuar con la confección de los espaciomapas que cubran todo el territorio nacional que esté cubierto por el recurso manglar, para lo cual se deben adquirir las imágenes satelitales Landsat-7 o de otros tipos que no presenten coberturas nubosas.

Aunque se comprobó la vectorización automatizada de las imágenes clasificadas con resultados satisfactorios, se recomienda continuar profundizando en esta tarea. Lo mismo ocurre con la estimación de las áreas que ocupan los manglares y el manejo de las bases de datos resultantes utilizando los SIG.

### **Referencias bibliográficas**

- Alvarez P. R. (1995) : Manual Práctico de Fotogrametría. Original en preparación para edición: biblioteca del Instituto de Geografía Tropical, Cuba (427 págs.)
- Alvarez Portal, R. (1996): Metodología para la planificación de los levantamientos aerofotográficos de la plataforma marina. IGT, Cuba.
- Alvarez Portal R. Et al (2 000): Resultado Científico-Técnico del Proyecto GEF/PNUD CUB98/G32: "Valoración del Uso de la Percepción Remota Aerocósmica en Interconexión con Otras Tecnologías de Avanzada Para la Creación y Actualización de las Bases de Datos Temáticas del Sistema de Información Geográfica del Proyecto Sabana-Camaguey". Documento ubicado en las Oficinas del Proyecto GEF/PNUD y en el Centro de Información del Instituto de Geografía Tropical.
- Alvarez Portal R. Et al (2 001): Resultado Científico-Técnico del Proyecto GEF/PNUD CUB98/G32: Metodología Para la Creación y Actualización de la Cartografía Temática del Sistema de Información Geográfica del proyecto GEF/PNUD CUB98/G32 Mediante Percepción Remota y Sistemas de Posicionamiento Global". Documento ubicado en las Oficinas del Proyecto GEF/PNUD y en el Centro de Información del Instituto de Geografía Tropical.
- Carrodegua, C. (1989): Mapa de vegetación submarina del polígono "Canarreos" (inédito).
- Carrodegua, C. (1990): Estudio de zonas litorales y grupos insulares del archipiélago cubano con fines turísticos. Cayo Sabinal-Sta. Lucia. Edición ICGC, La Habana, Cuba.
- Informe Proyecto GEF/PNUD Sabana – Camaguey, 1999, Editores científicos: Pedro Alcolado, Elisa Eva García, Nelson Espinosa.
- Nuñez, J.L .,Valbuena J. (1992): GPS: La nueva era de la topografía. Ediciones de las Ciencias Sociales, Madrid, España.