

Aplicación de los Sensores remotos y los SIG en el estudio de la cobertura vegetal de la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata.

Autores: *Msc. Miriam Labrada Pons.*

Msc. Humberto González González.

Msc. Ramona Oviedo Prieto.*

Instituto de Geografía Tropical.

Calle F No 302 esq. 13. Vedado. C. Habana.

Cuba. CP 10400. email: miriam@geotech.cu

* Instituto de Ecología y Sistemática.

Resumen:

En la última década la Ciénaga de Zapata ha estado sometida a numerosas presiones medioambientales. Los incendios forestales y los ciclones tropicales figuran entre las causas más importantes de destrucción de sus bosques en este periodo. El objetivo de esta investigación es actualizar el mapa de cobertura vegetal de este humedal y evaluar su estado actual. Como herramienta fundamental para el estudio de la cobertura vegetal de este ecosistema se emplearon las técnicas de los sensores remotos y los Sistemas de Información geográficos.

Como resultado se obtuvo una metodología para el estudio de la cobertura vegetal usando el procesamiento digital de imágenes y su integración con información georeferenciada, la cual puede ser aplicada en otras regiones con características similares. Se muestran además las principales relaciones entre cobertura vegetal y degradación medioambiental, lo que redundará en una propuesta de uso y manejo eficiente de los recursos naturales de la Ciénaga de Zapata.

I. INTRODUCCIÓN.

La Ciénaga de Zapata resulta una de las áreas naturales más significativas del archipiélago cubano, por la cantidad y diversidad de ecosistemas que en la misma se encuentran. Allí están presentes gran parte de los tipos de humedales considerados en la clasificación de los humedales de la UICN.

La vegetación de la Ciénaga de Zapata es muy variada, siendo el agua el principal factor ecológico que condiciona las características de sus complejos ecosistemas. Aunque continúan los estudios, hasta el momento se registran: 16 formaciones vegetales con algo más de 900 especies de plantas autóctonas, distribuidas en 110 familias; destacándose 115 endemismos cubanos, de ellos 5 locales. También viven en este humedal alrededor de 30 especies raras o en peligro de extinción.

El uso de las imágenes de satélites permite inspeccionar áreas grandes, que no pueden cubrirse fácilmente debido a la inaccesibilidad de determinadas zonas, por lo que constituyen una herramienta muy útil en el estudio de los humedales, así como en el manejo y planeamiento sus áreas. En la última década la Ciénaga de Zapata ha estado sometida a numerosas presiones medioambientales. Es por ello que el objetivo de esta investigación es actualizar el mapa de cobertura vegetal de este humedal y evaluar su estado actual.

II. MATERIALES Y MÉTODOS.

La investigación se desarrolló en el período 2002-2003, como parte del proyecto "Propuesta de plan de manejo de la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata".

La metodología propuesta consta de 5 etapas fundamentales que son: Correcciones geométricas y georeferenciación de las imágenes, colección de datos de campo, clasificación de las imágenes, valoración de la exactitud y análisis espacial de los datos.

Para la realización de este estudio fueron usados los siguientes materiales:

- _Imagen Landsat TM (30 metros resolución espacial). Enero 2001.
- _Mapa de Vegetación (Estudio geográfico Integral1991).
- _Mapa topográfico del área 1:100 000.
- _GPS.

2.1. Corrección geométrica y georeferenciación de la imagen.

El software usado para el procesamiento de las imágenes fue el ILWIS 3.1. La imagen TM de Landsat fue georeferenciada usando el mapa topográfico y puntos de control que fueran identificados claramente en el área. Para ello se seleccionó el método de tiepoints.

2.2. Colección de datos de campo.

El trabajo de campo se desarrolló en la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata. Un total de 168 puntos fueron tomados en las áreas muestreadas con el empleo del GPS.

Se llevó a cabo el muestreo representativo estratificado. Los datos siguientes fueron reunidos en cada sitio:

- Tipo de vegetación,
- Las especies identificadas en cada uno de los puntos,
- Las especies dominantes,
- La densidad y altura,
- Algunos comentarios significativos principalmente relacionados con el estado de conservación de la vegetación.

El Mapa de Vegetación (Estudio Geográfico Integral, 1991) se usó para evaluar y detectar cambios de la vegetación en el área del estudio.

2.2.1. Interpretación visual de la imagen.

Cada sitio de muestreo era marcado en la imagen TM de Landsat 2001. Los siguientes datos fueron evaluados para la creación de las clases:

1. Características de la imagen (color, textura, y modelo) en dependencia de la composición del tipo de formación vegetación.
2. Se compararon los elementos de la imagen con los elementos florísticos.
3. Se evaluaron otros elementos como presencia de agua, carso, tipo de suelo, etc.

2.2.2. Creación de una máscara.

Con el objetivo de separar el área de estudio del resto de la vegetación, se creó una máscara. El mapa resultante puso valor igual 0 a los píxeles del resto de las áreas manteniendo los valores de los píxeles del área de estudio inalterados.

Para ello se empleó la fórmula:

IFF (ISUNDEF (Reserva=,?zapata01)

- El mismo procedimiento ha sido aplicado para todas las bandas que van a ser usadas en la clasificación supervisada de estas imágenes.

2.3. Clasificación de las imágenes

2.3.1 Selección de las bandas.

Después de realizar algunas clasificaciones no supervisadas y supervisadas en el sistema ILWIS 3.1 se decidió tomar como base para la clasificación de la imagen TM de Landsat la combinación de bandas 4-5-2/RGB, por ser la que mostró más claramente las clases a discriminar. La característica más llamativa de este falso color es que la vegetación aparece en color rojo-púrpura. En la parte visible del espectro, las plantas reflejan la luz principalmente verde, pero su reflexión infrarroja es aún más alta. Por consiguiente, se muestra la vegetación en un falso color como una combinación de azul y rojo, produciendo un tinte rojizo-púrpura.

2.3.2 Definición de la leyenda.

Con el objetivo de realizar la clasificación de la imagen Landsat TM, se crearon 9 clases finales de acuerdo con el color predominante en la imagen, para lo que se tuvo en cuenta además, el tipo de formación vegetal así como otros criterios que a continuación se enumeran:

1. Sombras que se observan en la imagen.
2. Los modelos de la sombra en estas áreas.
3. La continuación de mismo color en las áreas con sombra.
4. El conocimiento del área.

2.3.3 Asignación de las muestras.

Fueron cuidadosamente seleccionados los sitios de muestreo de cada clase en la imagen, teniendo en cuenta los datos colectados en el campo. Se tomaron igual número de píxeles por cada clase como área representativa en las que las características de la muestra no habían cambiado notablemente. Se aplicó una clasificación supervisada dirigida con un clasificador de probabilidad máxima (Maximun likelihood).

2.4. Valoración de la exactitud.

Para la valoración fiable de la imagen clasificada se llevó a cabo una matriz de error, en la cual se realizó una comparación entre cada una de las clases evaluadas, es decir los datos de referencia (muestreo de campo) y los correspondientes resultados de la clasificación automatizada. Se emplearon 84 puntos para el muestreo y el resto para evaluar la precisión de la clasificación.

2.5. Análisis espacial de los datos

Una vez clasificada la imagen se realizó una evaluación de la distribución de las diferentes clases creadas, además mediante el análisis del histograma se conoció el área en ha que ocupa cada una de ellas.

III. RESULTADOS Y DISCUSION.

3.1. Características de la vegetación del territorio.

En la Ciénaga de Zapata se encuentran un total de 16 formaciones vegetales (Oviedo, 2004), que presentan variantes debido a cambios en las condiciones ecológicas y a procesos de antropización ocasionados por talas selectivas, fuegos, cambios en el régimen hídrico, etc. Las formaciones presentes son:

- Vegetación de agua salada.
- Vegetación de saladar.
- Manglar.
- Vegetación de agua dulce.
- Herbazal de ciénaga.
- Sabanas s.l.
- Bosque de ciénaga.
- Bosque semicaducifolio con humedad fluctuante.
- Bosque subperennifolio mesófilo.
- Bosque semicaducifolio mesófilo.
- Bosque caducifolio.
- Bosque caducifolio esclerófilo subcostero.
- Matorral xeromorfo costero.
- Matorral sp.
- Complejo de vegetación de costa arenosa.
- Complejo de vegetación de costa rocosa.

Vegetación de Agua Salada: Esta formada por plantas halófitas sumergidas, generalmente es pobre en especies y forman un césped en las lagunas de agua salada y salobre. Las especies que caracterizan esta formación vegetal son: *Najas marina* (Lino de agua), *Ruppia maritima* (Hierba de Manatí), *Syringodium filiforme* y *Thalassia testudinum* (Hierba de Manatí).

Las áreas más significativas que presentan este tipo de formación vegetal son: Lagunas de Las salinas, los alrededores de la cayería y el Zapato y áreas bajas de la Ensenada de la Broa.

Vegetación de Saladar: Son comunidades de plantas halófilas en zonas salinas terrestres. La integran fundamentalmente plantas suculentas y gramíneas que resisten altas presiones osmóticas. Se ubican generalmente a continuación de los manglares donde los suelos se inundan frecuentemente con agua salada. Las especies más características son: *Batis maritima* Perejil de costa, *Salicornia perennis* Hierba de vidrio, *Suaeda linariis* Sosa, *Distichlis spicata* Grama de costa, y *Heliotropium curassavicum* Alacrancillo de playa. Las áreas más significativas que presentan este tipo de formación vegetal son: Algunos puntos de Las salinas, Cayería al Sur de la Ciénaga, Laguna a 1km de Playa Larga por la carretera de Girón.

Manglar: Está compuesto por bosques perennifolios con el predominio generalmente, de un solo estrato arbóreo, escasas especies de arbustivas, hierbas, lianas y epífitas. Es una de las formaciones vegetales más importantes en el humedal por su extensión y salud de los mismos, diversidad de asociaciones y su papel esencial, desde el punto de vista ecológico. Las

especies características son: *Rhizophora mangle* (Mangle rojo), *Avicennia germinans* (Mangle Prieto), *Laguncularia racemosa* (Patabán), *Conocarpus erectus* (Yana), Otras especies acompañantes son: *Batis marítima* (Perejil de costa), *Achrostichum aureum* (Cola de alacrán), *Distichlis spicata* (Gramma de costa), *Rhabdadenia biflora* (Clavelito del manglar), *Ipomoea spp.* (Aguinaldos), *Tillandsia fasciculata* (Curujey), *Broughtonia lindenii* (Orquídea), *Dalbergia ecastophyllum* (Bejuco baracoa), *Pavonia spicata* (Majagüilla).

Las áreas más significativas que presentan este tipo de formación vegetal son: La desembocadura del Hatiguanico, el Zapato, las Salinas y la Cayería.

Vegetación de agua dulce: Formada por plantas dulceacuícolas tanto sumergidas como flotantes. Se desarrolla en lagunas, ríos, canales, charcas y áreas temporalmente inundadas. Las especies que caracterizan esta formación son: *Vallisneria americana* (Hierba de Manatí), *Scirpus lacustris ssp. validus* (Junco), *Utricularia foliosa* (Ayún), *Potamogetum nodosus*; *P. illinoensis* (Espigas de agua), *Hydrocotyle umbellata* (Ombligo de venus), *Nymphaea ampla* (Ova blanca); *N. odorata* (Ova de galleta), *Nuphar luteum var. macrophyllum* (Malangueta) y *Salvinia auriculata* (Lechuguilla de agua).

Las áreas más significativas que presentan este tipo de formación vegetal son:

Ríos: Hatiguanico; Negro; Guareira, en las Lagunas: Del Tesoro; Venero Feo; en los canales: Santo Tomás, San Agustín; de Aguada o Soplillar; de Los Patos; de Maniadero; de Guamutal; Peralta-Hato de Jicarita; de Muñoz y los canales que vierten a la Laguna del Tesoro y en áreas temporalmente inundadas.

Herbazal de ciénaga: Lo componen comunidades de plantas herbáceas que se reúnen en áreas que permanecen inundadas la mayor parte del año. Las gramíneas y las ciperáceas son los elementos que predominan en este tipo de formación vegetal.

Las especies más importantes son: *Cladium jamaicensis* (Cortadera), *Typha domingensis* (Macío), *Eleocharis interstincta* (Junco de ciénaga), *Acoelorrhaphe wrightii* (Guano prieto), *E. Celulosa* (Junco fino), *Ilex cassine* (Yanilla blanca) entre otras.

Las áreas más significativas que presentan este tipo de formación vegetal son: Ambos lados del canal Santo Tomás-Guareira, a ambos lados del Patos-Hato de Jicarita, entre el canal de los patos y la boca de la Laguna del Tesoro, en los alrededores de la Laguna del Tesoro, al norte de los Sábalo-Hondones-Cayo Ramona, en algunas zonas del Zapato y al Norte-Este de Cocodrilo.

Sabanas s.l.: El origen de este tipo de formación vegetal en la Ciénaga se estima que sea mayormente a partir de alguna otra formación vegetal alterada por intervención erógena, principalmente la acción del hombre. La composición florística y fisonómica varía en dependencia del sustrato donde se asienta y la formación vegetal a partir de la cual se origina. Se caracteriza mayormente por plantas herbáceas, palmas y pocos árboles y arbustos dispersos. También pueden encontrarse epífitas. La misma se desarrolla en zonas bajas,

temporalmente inundadas. Dentro de la dominancia de la vegetación herbácea, las gramíneas y ciperáceas son mejor representadas.

Las especies más características son: *Sabal marítima* (Guano cana), *Tabebuia spp.* (Roble blanco), *Acoelorrhaphe wrightii* (Guano prieto), *Ilex cassine* (Yanilla blanca), *Bucida palustris* (Júcaro de ciénaga), *Lonchocarpus dominguis* (Guamá de sogá). Las áreas más significativas que presentan este tipo de formación vegetal son: Sabanas de Guamutal - San Lázaro - Salinas, los alrededores de Río Negro-Guareira, al norte de Soplillar, al norte de Bermeja-San Blas, en los alrededores de Cocodrilo y desde la Lanza por el canal de San Agustín a la desembocadura de la Broa.

Bosque de ciénaga: Se caracteriza por la presencia de bosques con estrato arbóreo de 5-15m (puede llegar hasta 20m) de altura con la mayor parte de los árboles perennifolios. Presenta estrato arbustivo, algunas hierbas, lianas y generalmente abundantes epífitas. Se destacan además algunas palmas. Estos tipos de bosques se desarrollan en suelos mayormente turbosos, que pueden permanecer temporalmente inundados con agua dulce entre cuatro y seis meses del año. Esta formación vegetal es de las más ricas en especies del área. Las especies características son: *Bucida palustris* (júcaro de ciénaga), *Bucida buseras* (Júcaro negro), *Tabebuia angustata* (Roble blanco), *Taliparites elatus* (Majagua), *Calophyllum antillanum* (Ocuje), *Salix caroliniana* (Clavellina), *Sabal marítima* (Guano de cana), *Roystonea regia* (Palma real), *Annona glabra* Bagá, *Chrysobalanus icaco* (Icaco), *Myrica cerifera* (Arraigan), etc.

Las áreas más significativas que presentan este tipo de formación vegetal son: Los alrededores de Santo Tomás: Laguna del asiento, inicios del canal de Sto. Tomás, entre el Maíz y la Laguna del asiento (Sobre Carso y mas abierto con lagunas intermitentes), alrededores del canal de Guamutal, en zonas por Hato de Jicarita, entre La Boca y Pálpite y en los Sábalos.

Bosque semicaducifolio con humedad fluctuante: Estos bosques crecen en suelos inundados por corto tiempo, se localizan entre los bosques de ciénagas y los semicaducifolios. Presentan dos estratos arbóreos densos de 12-20m, estrato arbustivo bien representado, algunas hierbas, lianas y epífitas.

Las especies que lo caracterizan son: *Lysiloma laticiliquum* (Soplillo), *Metopium brownei* (Guao de costa), *Swietenia mahagoni* (Caoba antillana), *Calophyllum antillanum* (Ocuje), *Geoffrea inermis* (Yaba), *Pithecellobium glaucum* (Abey), *Allophylus cominea* (Palo de caja), *Amyris balsamifera* (Cuaba blanca), *Myrcine coriacea* (Sangre de doncella), *Guettarda combsii* (Contraguao), *Tabebuia leptoneura* (Roble blanco), etc.

Las áreas más significativas que presentan este tipo de formación vegetal son: Santo Tomás: Zonas entre el Maíz y Laguna del Asiento, por los alrededores de Camilo, camino a Las salinas y entrando por Filipina, Vínculo.

Bosque subperennifolio mesófilo: Presenta más del 70% de las especies del estrato arbóreo perennifolias. Tiene de dos a tres estratos arbóreos, formados por árboles y palmas altas que pueden oscilar entre 15-20m de altura él más alto y los otros oscilan entre 8-10m y 10-15m. El estrato arbustivo está

compuesto por arbolitos y arbustos que no sobrepasan los 6m. Además se pueden encontrar algunos representantes del estrato herbáceo, lianas, abundantes helechos y algunas epífitas. Este tipo de formación vegetal es atípica en la localidad y por tanto es la menos representada, sin embargo resulta muy importante por el grado de endemismo, valor maderable de sus especies y papel ecológico. En esta formación se presentan elementos de bosques húmedos de montaña.

Las especies más características son: *Laurocerasus occidentalis* (Cuajani), *Sideroxyllum foetidissimum* (Jocuma), *Calophyllum antillanum* (Ocuje), *Cedrela odorata* (Cedro), *Nectandra antillana* (Aguacatillo), *Turpinia paniculata* (Sauco cimarrón), *Exotea paniculata* (Yaicuaje), *Taliparites elatus* (Majagua), *Cupania macrophylla* (Guara blanca); *C. glabra* (Guara de costa), etc.

Las áreas más significativas que presentan este tipo de formación vegetal son: Sur de Santo Tomás-Vínculo, Norte del Maíz, Los Sábalos, cerca del río al suroeste de Cayo Ramona y por Bermeja-Caleta buena.

Bosque semidecaducifolio mesófilo: Son bosques donde el 50% o más de las especies arbóreas son caducifolias localizadas en zonas que generalmente no se inundan. Pueden presentar, generalmente dos estratos arbóreos que oscilan entre los 20m el más alto y el más bajo puede llegar hasta los 15m de altura. El estrato arbustivo está bien representado, sin embargo el herbáceo es escaso. Hay abundantes especies de lianas y epífitas. Es la formación boscosa más abundante de la Ciénaga por su gran extensión de presencia comparada a la de los manglares y gran productividad maderable. Además se presenta gran diversidad de especies con muchos endémicos. Las especies más características son: *Lysiloma latisiliquum* (Soplillo), *Burcera simaruba* (Almácigo), *Zuelania guidonia* (Guaguasí), *Ceiba pentandra* (Ceiba), *Cordia gerascanthus* (Baría), *Geoffrea inermis* (Yaba), *Roystonea regia* (Palma real), *Sabal yapa* (Cana japa), *Cedrela mexicana* (Cedro), *Chrysophyllum oliviforme* (Caimitillo), *Eugenia maleolens* (Guairaje blanco), entre otras.

Las áreas más significativas que presentan este tipo de formación vegetal son: Caletones-San Lázaro, El Maíz-Santo Tomás, Vínculo-Maniadero, alrededores de Soplillar (muy degradado) y por Cayo Ramona-Bermeja (muy degradado).

Bosque Caducifolio: Son bosques abiertos con alrededor del 75% de las especies arbóreas caducifolias. Son escasos, localizados en puntos aislados y muy secos de la parte oriental de la Ciénaga. Se caracterizan por un estrato arbóreo de 10-12m de altura, arbustos y algunas hierbas, lianas y epífitas. Además, en ellos se destaca la presencia de cactáceas arborescentes.

Las especies que caracterizan este tipo de formación vegetal son: *Chloroleucon mangensis* var. *lenticifolium* (Humo o Guayabillo), *Spondias mombin* (Jobo), *Lysiloma latisiliquum* (Soplillo), *Cordia gerascanthus* (Baría), *Cordia collococca* (Ateje), *Burcera simaruba* (Almácigo), *Guapira longifolia* (Zarza sin espinas), *Chrysophyllum oliviforme* (Caimitillo), *Guazuma ulmifolia* (Guásima), *Dendrocereus arboreus* (Aguacate cimarrón o Flor de copa), *Zanthoxylum fagara* (Uña de gato), *Erythroxylum havanensis* (Jibá), *Cryptostegia grandiflora* (Estrella del norte), entre otras.

Las zonas puntuales donde se presenta este tipo de formación vegetal se encuentran en los alrededores del Rincón-Guasasa-Cocodrilo.

Bosque semicaducifolio esclerófilo subcostero: Estos bosques presentan más del 50% de las especies caducifolias. Se caracteriza por presentar dos estratos arbóreos, el más alto de 10-12m y el más bajo de 8-10m de altura. Además hay representación de palmas, cactus, arbustos y las hierbas, lianas y epífitas son muy escasas, en algunos puntos incluso ausentes. Esta formación vegetal alberga altos índices de diversidad y endemismos.

Las especies que caracterizan a esta formación vegetal son: *Picrodendron macrocarpum* (Yana prieta), *Burcera simaruba* (Almácigo), *Zuelania guidonia* (Guaguasí), *Lysiloma latisiliquum* (Soplillo), *Sideroxylon foetidissimum* (Jocuma), *Hypelate trifoliata* (Cuaba de Ingenio), *Capparis cinophalophora* (Mostacilla o Aceitunillo), *Swietenia mahagoni* (Caoba antillana), *Thrinax radiata* (Guano de costa), *Eugenia maleolens* (Guairaje blanco), *Zanthoxylum fagara* (Uña de gato), etc.

Las áreas más significativas que presentan este tipo de formación vegetal son: Cenote-Punta Perdíz-Girón, Playa Morena-Guasasa y La salina-Cayo Venado.

Matorral xeromorfo costero: Se caracteriza por ser un matorral achaparrado de 4-6 m compuesto mayormente por arbustos esclerófilos, espinosos y con la presencia de algunos arbolitos emergentes. Se destaca la presencia de cactus y algunas palmas, hierbas, lianas y epífitas. Este tipo de formación vegetal se destaca por la riqueza de especies y endemismo.

Las especies que caracterizan este tipo de formación vegetal son: *Savia bahamensis* (Icaquillo), *Bumelia glomerata* (Jiquí espinoso), *Ateramnus lucidus* (Yaití), *Guapira obtusata* (Macagüey), *G. longifolia* (Zarza sin espinas), *Hypelates trifoliata* (Cuaba de Ingenio), *Dendrocereus nodiflorus* (Aguacate cimarrón o flor de copa), *Croton lucidus* (Cuabilla), *Pilosocereus robinii* (Jijira), *Coccothrinax cupullaris* (Yuraguano), *Copernicia brittonorum* (Yarey de costa), etc.

Las áreas más significativas que presentan este tipo de formación vegetal son: Mal paso-Punta mangle y al final de Las salinas.

Matorral sp. (Uveral): Es una formación vegetal perennifolia, monodominante, que en dependencia de la intensidad de los vientos marinos puede cambiar su aspecto fisonómico de arbustivo (hasta 5m) a arbóreo (hasta 10 m). Se desarrolla fundamentalmente en costas arenosas localizadas puntualmente en algunas áreas de la parte oriental de la Ciénaga y cuando está saludable se presenta muy compacto y cerrado su dosel. Las especies que la caracterizan son: *Coccoloba uvifera* (Uva caleta), *Thrinax radiata* (Guano de costa), *Caesalpinia bonduc* (Mate amarillo), *Burcera simaruba* (Almácigo), *Morinda royoc* (Palo garañón), *Ipomoea spp.* (Aguinaldos). El Uveral más importante se localiza en la costa de Guasasa-Punta mangle.

Complejo de vegetación de costa arenosa: Se desarrolla en las costas arenosas, constituyendo una franja desde el límite de las mareas hasta la parte

baja de las dunas llegando al uveral. Solo lo componen plantas herbáceas y lianas rastreras. Entre las especies que caracterizan a este complejo se encuentran: *Suriana marítima* (Cuabilla de playa), *Sporobolus virginicus* (Gramma de playa), *Cannavalia marítima* (Mate de costa), *Ipomoea brasiliensis* (Boniato de Playa) y *Chamaesyce buxifolia* (Yerba mala o Yerba lechera).

Las áreas más significativas que presentan este tipo de formación vegetal son: Playa Morena y algunos parches de Playa Larga-Girón.

Complejo de vegetación de costa rocosa: Se ubica en el litoral rocoso, directamente en contacto con las costas y se caracteriza por ser un matorral bajo, abierto, con arbustos achaparrados de 1-2m de altura que se desarrollan sobre roca caliza desnuda o sobre pequeñas aglomeraciones de arena que se acumulan en las concavidades de las rocas.

Las especies más características de este complejo son: *Borrichia arborescens* (Romero de playa), *Rachicallis americana* (Cuabilla), *Suriana marítima* (Cuabilla de playa), *Coccoloba uvifera* (Uva caleta), *Sesuvium portulacastrum* (Verdolaga de playa), etc.

Este complejo ocupa la franja rocosa desde Playa Larga hasta Punta Mangle, interrumpiéndose solo por los parches de complejo de vegetación de costa arenosa.

3.2 Clasificación supervisada.

3.2.1. Descripción de las clases creadas.

Los 16 tipos de formaciones vegetales existentes en el humedal, se identificaron durante la interpretación visual de la imagen TM 2001 y durante el trabajo de campo. No obstante fue necesaria la reclasificación de los tipos de vegetación (Tabla 1).

El problema principal en la realización de la clasificación supervisada se relacionó con la similitud de la reflectancia espectral observada entre algunas clases, sobre todo con las diferentes clases de bosques, esto causa la confusión entre las mismas. Por consiguiente se reclasificaron las unidades originalmente observadas finalmente en nueve clases. Esta reclasificación es necesaria pues evita el solape entre clases con similar respuesta espectral (Janssen y Gorte 2001).

Tabla 1. Clases creadas para la clasificación supervisada de las imágenes.

Clases de cobertura vegetal	Tipo de vegetación que la integra
1. Herbazal de ciénaga	-Junco de ciénaga con macío. -Cortadera de dos filos con macío. -Junco fino con grama de costa.

	-Cortadera de dos filos con yana.
2. Manglar	-Presencia de las 4 especies.
3. Variantes de manglar	-Yana sobre carso. -Yana con elementos de semideciduo. - Mangle rojo achaparrado. - Patabanal.
4. Bosque semicaducifolio.	-Bosque de ciénaga. -B. semicad. con humedad fluctuante. -Bosque semicad. mesófilo. -B. Semicad. esclerófilo subcostero. -Bosque subperennifolio mesófilo.
5. Bosque caducifolio.	-B. caducifolio
6. Matorral xeromorfo sobre carso	-Matorral xeromorfo costero. -Matorral con abundante guao de costa.
7. Sabanas sl	-Vegetación de Sabanas.
8. Lagunas	-Vegetación acuática de agua dulce. -Vegetación acuática de agua salada.
9. Carso desnudo	-Vegetación escasa.

Una de las desventajas del uso de imágenes de baja resolución, como en el caso de las obtenidas a partir del satélite Landsat TM (30 metros), es que esta resolución condiciona la unidad mínima cartografiada y el número de categorías a incluir en la leyenda. Es por ello que algunos tipos de formaciones vegetales, como por ejemplo los complejos de vegetación de costa arenosa y de costa rocosa, que ocupan áreas muy pequeñas dentro de la Ciénaga de Zapata no son observables a esta escala. No obstante con el tratamiento digital, la información almacenada en formato raster garantiza una clasificación de la zona de estudio más rápida, económica y de mayor exactitud (Hernández, 2002).

3.3. Distribución espacial de los tipos de cobertura vegetal.

El resultado de la clasificación de la imagen Landsat 2001 se muestra en la figura 1, como se puede observar las nueve clases creadas previamente fueron identificadas.

Figura 1. Distribución espacial de la cobertura vegetal de la Ciénaga de Zapata.

En la figura 2 se aprecia que los bosques semicaducifolios y sus variantes ocupan la mayor área con 126155,88 ha, seguidos por el herbazal de ciénaga con 118543,95 ha, las sabanas con 94202,91 ha, las variantes de manglar con 71624,79 ha y los manglares con 32084,91 ha. Los menos representados son el bosque caducifolio con solo 13547,7 ha y el carso con 5190,93 ha.

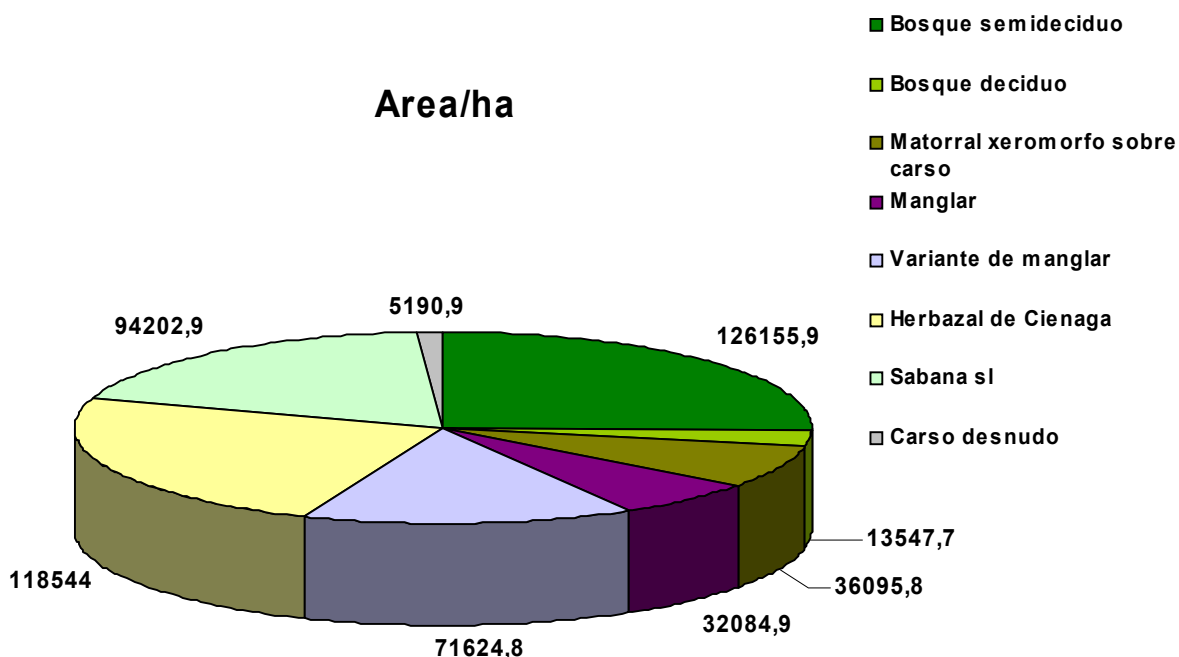


Figura 2. Área (ha) ocupada por los tipos de cobertura vegetal de la Ciénaga de Zapata.

3.4. Estado actual de la vegetación de la Ciénaga de Zapata.

La vegetación de la Ciénaga de Zapata en la última década ha sido objeto de numerosas afectaciones tanto naturales como antrópicas. Los mayores daños fueron ocasionados por los ciclones tropicales y los incendios forestales. El ciclón Michelle, por ejemplo, ocasionó la caída de numerosos árboles que trajo como consecuencia la acumulación de material orgánico inflamable, lo que posteriormente coadyuvó a que el incendio forestal ocurrido a mediados del año 2002, sea considerado como uno de los de mayores proporciones ocurridos en el humedal. Esto ha traído como consecuencia que en las áreas devastadas por el incendio se haya establecido una vegetación secundaria que limita la recuperación del bosque, al impedir la regeneración natural de las especies originales.

Por otra parte existen afectaciones como son la tala ilícita, fragmentación de habitats (trochas contra incendio), manejo inadecuado de las áreas quemadas, presencia de plantas invasoras, etc. Además en el proceso de asimilación económica del territorio hay un predominio del elemento económico por encima del natural, lo que pone en peligro su sostenibilidad.

IV. CONCLUSIONES

- ❖ La utilización de los sensores remotos y los SIG resultan una herramienta eficaz en el estudio de la cobertura vegetal de la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata.
- ❖ La clasificación supervisada con el clasificador de Maximum likelihood, es un método muy efectivo para la obtención de un mapa de cobertura vegetal.
- ❖ Los principales problemas en la clasificación supervisada se deben a la similitud en los valores de reflexión de determinados tipos de cobertura.
- ❖ El bosque semicaducifolio y sus variantes ocupan la mayor área dentro del humedal.
- ❖ Los ciclones tropicales y los incendios forestales han provocado que la vegetación secundaria se establezca en las áreas devastadas por los mismos.
- ❖ La tala ilícita así como el manejo inadecuado de la actividad forestal son otra causa importante de degradación de los bosques.

V. BIBLIOGRAFÍA

- Hernández, E. (2002) Cambios de uso de la tierra en la Cuenca Alta del río Chama, Estado Mérida, Venezuela, periodo 1970-1996. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Universidad de La Habana.
- Janssen, L. & B. G. Gorte. (2001): Digital image classification. In: Principles of Remote Sensing. (L. Janssen and G. Huurneman editors). ITC, Enschede, The Netherlands.
- Oviedo, R. (2004): Informe "Síntesis de la flora y vegetación del humedal Ciénaga de Zapata, Matanzas. Cuba". [Inédito], IES, La Habana.