

# LA VEGETACIÓN DE MANGLAR EN LA LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE. EVALUACIÓN PRELIMINAR A TRAVÉS DE IMÁGENES LANDSAT

**Guadalupe de la Lanza  
Pedro Ramírez-García**

*Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México,  
Ciudad Universitaria, Apdo. Post. 70-153, C.P. 04510, México, D.F.*

**Yves-F. Thomas**

*Unité Associée "Etude des Rivages" du CNRS; Laboratoire de Géographie de l'ENS,  
1 rue M. Arnoux, F922120 Montrouge, France.*

**Ariel R. Alcántara**

*Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México,  
Circuito Institutos, Cd. Universitaria 04510 México, D.F.*

## RESUMEN

Las técnicas de sensores remotos para estimar la distribución y abundancia de especies y conjuntos o asociaciones de manglar ofrecen un cubrimiento espacial, que marca con mejor posición estas comunidades vegetales. Mediante una imagen del Barredor Multiespectral (MSS) del satélite LANDSAT fue estimada la distribución de la vegetación en la Laguna de Términos. Se observó que la mayor área (13.5%) correspondió a la asociación *Laguncularia racemosa-Avicennia germinans* del lado suroeste; la menor distribución con respecto al manglar total fue para *Rhizophora mangle* y *A. germinans*; y que *R. mangle* se encontró heterogéneamente repartido. La discriminación en clases espectrales permitió definir (con un 80% de confianza estadística) la mayor abundancia de vegetación compuesta por *Scirpus emerus* y *Fimbristylis spadiacea* hacia el sureste de la laguna.

**PALABRAS CLAVE:** Manglar, Imágenes LANDSAT, Términos, México.

## ABSTRACT

Remote sensing offers a spatial covering of species and mangrove associations and makes it possible to define distribution and abundance accurately. The distribution of vegetation in Terminos Lagoon was determined by means of a Multispectral Scanner (MSS) image obtained by the LANDSAT satellite. An association of *Laguncularia racemosa-Avicennia germinans* covered the greatest area to the southwest of the lagoon (13.5%), whereas *Rhizophora mangle-Avicennia germinans* covered a smaller area; *R. mangle* has an heterogeneous distribution. The spectral class discrimination (with an 80% confidence level) defined an area to the southeast of lagoon of abundant *Scirpus emerus* and *Fimbristylis spadiacea*.

**KEY WORDS:** Mangroves, LANDSAT images, Terminos, Mexico.

## INTRODUCCIÓN

La vegetación halófila (sumergida y emergente) que se encuentra en la zona costera de las latitudes tropicales (lagunas, estuarios, marismas, etc.), está representada por pastos marinos (como *Thalassia testudinum* Konig, *Halodule wrightii* Asch., *Syringodium filiforme* Kuntz, entre otras), manglares [*Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* (L.) L., *Laguncularia*

*racemosa* Gaertn., etc.] y pastos de marisma (*Spartina alternifolia*, algunas especies de *Juncus*, de *Suaeda* sp. y de *Salicornia*, entre otras). El empleo de la fotografía aérea y datos de satélite (por ejemplo, el Landsat/MSS) proporcionan, según Anderson *et al.* (1973) y Carter (1978), información valiosa acerca de la composición y distribución de especies en llanuras inundables, siempre y cuando éstas tengan una dominancia mono-específica.

La utilización de imágenes de satélite representa una herramienta que, conjuntamente con estudios de campo, permite definir dicha distribución para la identificación de hidrófitas y sus diferentes estados fenológicos, reflectancias espectrales de las regiones verde (0.6 a 0.7m), rojo (0.5 a 0.6m) e infrarrojo cercano (0.8 a 1.1 m).

Según Boaden y Seed (1985), la zonación de especies o grupos de especies de mangle en "bandas discretas" es regional y aun local, no hay un esquema de zonación universal. En áreas de mangle restringidas (por ejemplo, de escasa amplitud de marea) no hay patrones de zonación claros. Estos autores estiman que existen diversos factores físicos y biológicos que determinan la zonación del mangle, como: *a*) la marea, especialmente para el establecimiento y sobrevivencia de propágulos; *b*) la salinidad, como un factor de competencia con otras comunidades, lo cual no es determinante, ya que existen diferencias en la tolerancia en las especies y en sus diferentes estados fenológicos; *c*) el clima y la geomorfología local definen la exuberancia o exclusión del mangle; *d*) la interacción entre especies ejerce una prevención de la colonización por la disponibilidad de la luz, y *e*) factores catastróficos, como huracanes que cambian la composición de las especies. Debe considerarse un factor más, que es la combinación de los anteriores; en consecuencia, la distribución de las especies puede variar de un área a otra, incluso dentro de un mismo sistema costero.

La Laguna de Términos, México, presenta una extensión de mangle de más de 700 km<sup>2</sup>, bajas amplitudes de marea y una salinidad regional diferente pero definida en el tiempo. Las condiciones hidrológicas y morfológicas son en buena medida el resultado del clima que muestra tres épocas anuales: sequía, lluvias y nortes; esta última de vientos extremos con rachas ciclónicas y huracanadas. Si tomamos como base lo señalado por Boaden y Seed (1985), la distribución de especies en la citada

laguna es compleja, particularmente en sus márgenes y regiones fluviales, donde crecen densas poblaciones de mangle.

En México se tienen 6,600 km<sup>2</sup> de mangle (Day y Yáñez-Arancibia, 1988) y corresponde a la Laguna de Términos el 10.7%. Desafortunadamente, los fuertes cambios ambientales naturales de la dinámica costera del Golfo de México, influyen en esta laguna; además, los cambios antropogénicos de los últimos 15 años no permitirán cuantificar la distribución de esta comunidad y su variación normal en el tiempo. Debido al impacto a que han sido sometidos los manglares, no sólo disminuyeron su cobertura, sino posiblemente también han modificado la estructura de la comunidad de organismos. Por lo anterior es necesario llevar a cabo censos de cobertura o monitoreo tanto de cuantificación *in situ* como globales, en donde la aplicación de la percepción remota, sería la más recomendable, así como realizar estudios que fundamenten la protección de estas áreas de importancia ecológica y económica.

Basados en las ya expuestas características ambientales particulares, y en la de la vegetación de la Laguna de Términos, quisimos determinar el área de cubrimiento del mangle y la composición de especies dominantes para 1984, mediante una imagen del satélite Landsat-5 (donada por el Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS), en la que se discrimina con cuatro bandas del barredor multiespectral y se definen sus índices de vegetación para asociarlos con las especies. De esta manera, la información obtenida servirá como punto de referencia para futuros estudios sobre cambios ambientales y manejo de la zona costera, en relación con la comunidad de mangle.

#### ÁREA DE ESTUDIO

La Laguna de Términos se sitúa en el Golfo de México, inmediatamente al oeste de la Península de Yucatán y frente a la

Sonda de Campeche (Fig. 1). En general, tiene forma de ensenada y limita al norte con una barra litoral denominada Isla del Carmen, que mide 42 km de longitud y la separa del Golfo de México.

Thom (1969) estima que la Isla del Carmen está compuesta por tres islas de barrera separadas, que han sido fusionadas por el desarrollo de barras estrechas de arena, cordones de duna y pantanos de manglar. Detrás de las dunas y cordones de playa se encuentra un mangle bajo y un área de marisma de 20 km de longitud y 5 km de anchura, donde se hallan praderas de *Thalassia testudinum* y canales de marea.

Presenta dos bocas, la de Ciudad del Carmen al oeste y la de Puerto Real al este. La Laguna de Términos incluye los subsistemas: *a*) al suroeste las lagunas de Pom, Atasta, Carlos, Puerto Rico, Vapor y Este; *b*) al sur la Laguna de Sitio Viejo; *c*) al sureste la Laguna de Panlau, y *d*) al Noroeste el Estero de Sabancuy (Fig. 1).

La superficie total de la Laguna de Términos es de 2,500 km<sup>2</sup>, comprendidas en ella las desembocaduras internas de los ríos que drenan, los pantanos fluviodeltaicos y los pantanos de manglares (Yáñez-Arancibia y Day, 1982). Es el remanente de un cuerpo lagunar más grande, rellenado por el aporte de sedimentos y el desarrollo de llanuras aluviales de los ríos que fluyen

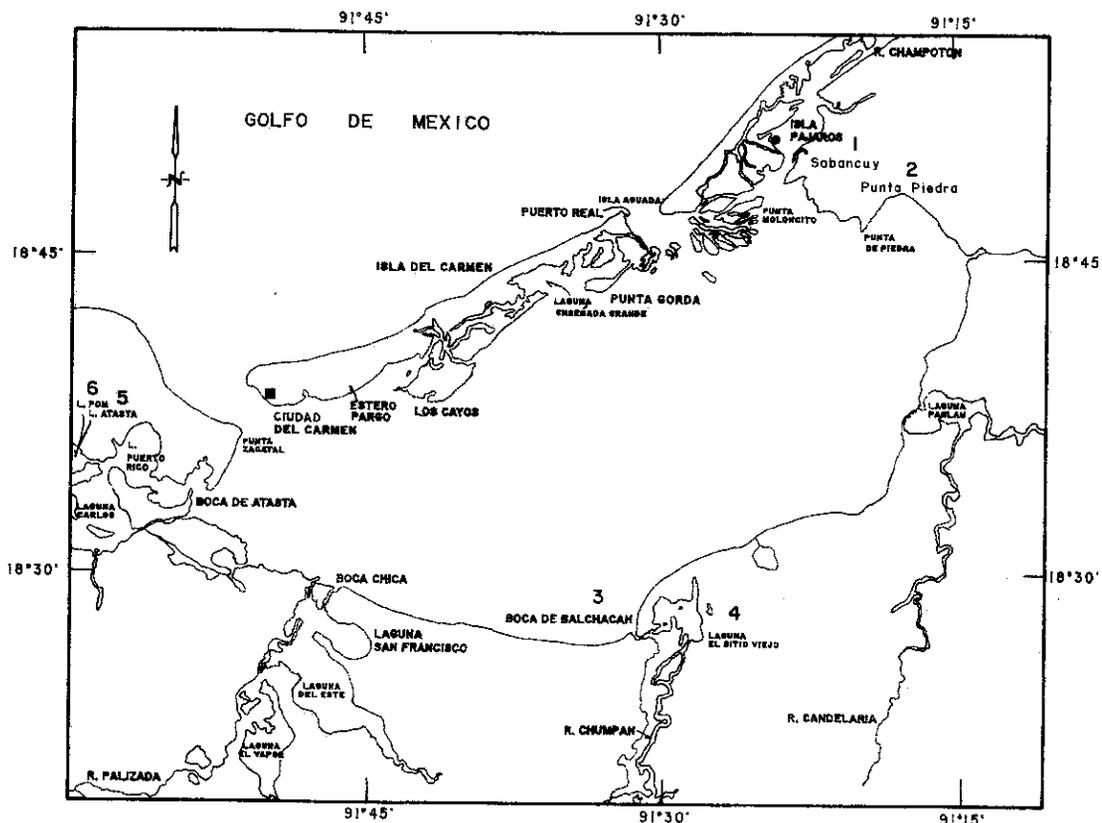


Figura 1. Ubicación de la Laguna de Términos y toponimia.

hacia sus riberas sur y occidental, y por la acreción de barreras orgánicas (Gutiérrez-Estrada y Castro del Río, 1988).

Presenta tres estaciones al año: de junio a finales de septiembre corresponde a la época de lluvias; de octubre a marzo la denominada época de nortes, y de febrero a mayo la estación de secas.

La circulación de entrada a la laguna se realiza por la Boca de Puerto Real y el flujo de salida por la Boca del Carmen. La salinidad presenta una variación estacional y una franca división regional. Según Phleger y Ayala-Castañares (1971), en la parte noreste se encuentran concentraciones de 25 a 36‰, cerca de la Boca de Puerto Real, y la sur y oeste de menos de 28‰.

Yáñez-Arancibia *et al.* (1983) señalan que existe una variedad de ambientes estuarinos, los cuales incluyen manglares de baja y alta salinidad, pastos marinos, vegetación terrestre, áreas de alta sedimentación, arrecifes ostrícolas y una base oligohalina central.

Según Day y Yáñez-Arancibia (1988), los manglares de la Laguna de Términos en áreas de influencia marina persistente (como el litoral interno de la Isla del Carmen), conforman una estructura de bordes asociados a las praderas submareales de pastos marinos y sedimentos arenosos mezclados. En la zona meso-oligohalina los sistemas fluvio lagunares (Sistema Palizada) conforman una estructura ribereña, en ocasiones asociada a pastos pantanosos emergentes, praderas de pastos sumergidos dulceacuícolas y sedimentos lodosos finos. La productividad primaria mayor está representada por los manglares (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*), el fitoplancton en áreas de mayor influencia fluvial y por pastos marinos (*Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii*) en la salobre.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para estimar el área de cobertura del manglar en la Laguna de Términos se analizó una imagen del sensor MSS del satélite LANDSAT, con las siguientes características: MSS5, noviembre 1984, inclinación solar 41.8, identificador 8502691-5590X0.

Con base en los colores dominantes de las fotografías por banda de la imagen LANDSAT se llevó a cabo el trabajo de campo. De esta manera se reconoció *in situ* la vegetación más común y ampliamente distribuida de la comunidad de manglar de la laguna. Para tal efecto, se utilizó también un vuelo aéreo, para la identificación de las áreas más importantes de colecta; éstas fueron: la barra en el lado este a Sabancuy (1) y Punta Piedra (2), en el sur de Balchacah (3) y desembocadura del Río Chumpán (4), y al oeste los subsistemas lagunarios de Atasta (5) y Pom (6) (Fig. 1). En las seis estaciones seleccionadas se colectó material botánico para su identificación y se determinó la abundancia, cobertura (en un área de 100 m<sup>2</sup>) y altura (con un clisímetro) de las especies dominantes.

En el presente estudio se consideraron ocho especies vegetales, dos tipos de cobertura o abundancia ( $\geq 45\%$  y  $\geq 80\%$ ) y cuatro de altura por especie dominante (0.5 a 3 m, 4 a 9 m, 10 a 16 m y de 17 a 25 m). De la fotografía de falso color de la figura 2 se eligieron cinco de ocho colores especialmente asociados a la comunidad de manglar.

Al considerar la naturaleza de la escala nominal de las variables empleadas en este estudio y el bajo número de muestras (seis localidades), así como el propósito de demostrar la relación entre clases espectrales y condiciones (especies dominantes, abundancia y altura), se eligió el cálculo de probabilidad condicional de la proporción

de observaciones en las cuales concurrían  $x_i$  —clase espectral— con  $y_i$  —condición de vegetación—. La proporción de concurrencia se obtuvo de la matriz de contingencia ausencia (-) presencia (+) que correspondió a la frecuencia  $\alpha$ , bajo la siguiente consideración.

Condición de la vegetación  $Y_i$

		+	-	
Clase espectral $X_i$	+		a b	$R_1=a+b$
	-	c	d	$R_2=c+d$
		$C_1= a+c \quad C_2= b+d \quad N$		

$$N= R_1+R_2 \quad P(a | a+b, a+c, n) = \frac{R_1!R_2!C_1!C_2!N}{a!b!c!d!}$$

El método matemático en extenso se encuentra en Zar (1974). En la tabla 1 se muestra la integración de la matriz de las seis estaciones y las ocho especies. La codificación se determinó con números progresivos con base en la presencia-ausencia y la especie, continuándose con el porciento de abundancia y la altura; finalmente al color le correspondió un código numérico (clase espectral) progresional de 81 a 85.

Para seleccionar datos significativos se eligieron sólo aquellas asociaciones "+" (evento  $a$ ) de más de 80% de confianza; cuando la relación fue  $P(a/a+b, a+c) < 0.080$  se desechó. Se relacionaron especies vegetales y sus atributos de abundancia y altura con las clases espectrales, por ejemplo:

Clase espectral código rojo  
81 (Tabla 1)

Altura de <i>R. Mangle</i> 17 a 25 código 80 (Tabla 1)	+	1	$\emptyset$	$1+\emptyset$
	-	$\emptyset$	5	5
		$1+\emptyset$	5	$n=6$

$Pr(a=1/1,1,6)=0.17$

De esta manera, la clase espectral rojo señala que corresponde a *R. mangle* de una altura entre 17 y 25 m, con un 83% de confianza.

Con el objetivo de integrar los resultados de la codificación (especies dominantes, abundancia de  $\geq 45\%$  a  $\geq 80\%$  con respecto a otras en el mismo lugar, y alturas) con el porcentaje de áreas cubiertas por clase (tipo de vegetación y asociaciones) del mapa temático se elaboró la tabla 2.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con Hartl (1976), de los cuatro diferentes efectos para el reconocimiento de patrones en la extracción y clasificación de imágenes, en el presente estudio se empleó el de "efectos espectrales", con la utilización de tonos de color y tamaño para analizar la imagen desplegada en el monitor.

Sabins (1978) propone el uso de la banda 7 del barredor multiespectral como el óptimo para el análisis y el reconocimiento de patrones de vegetación; sin embargo, en esta contribución se obtuvieron mejores resultados al generar un índice de vegetación (IV<sub>2</sub>), utilizando las bandas MSS-5 y MSS-7:

$$IV_1 = \text{MSS-7} - \text{MSS-5} / \text{MSS-7} + \text{MSS-5}$$

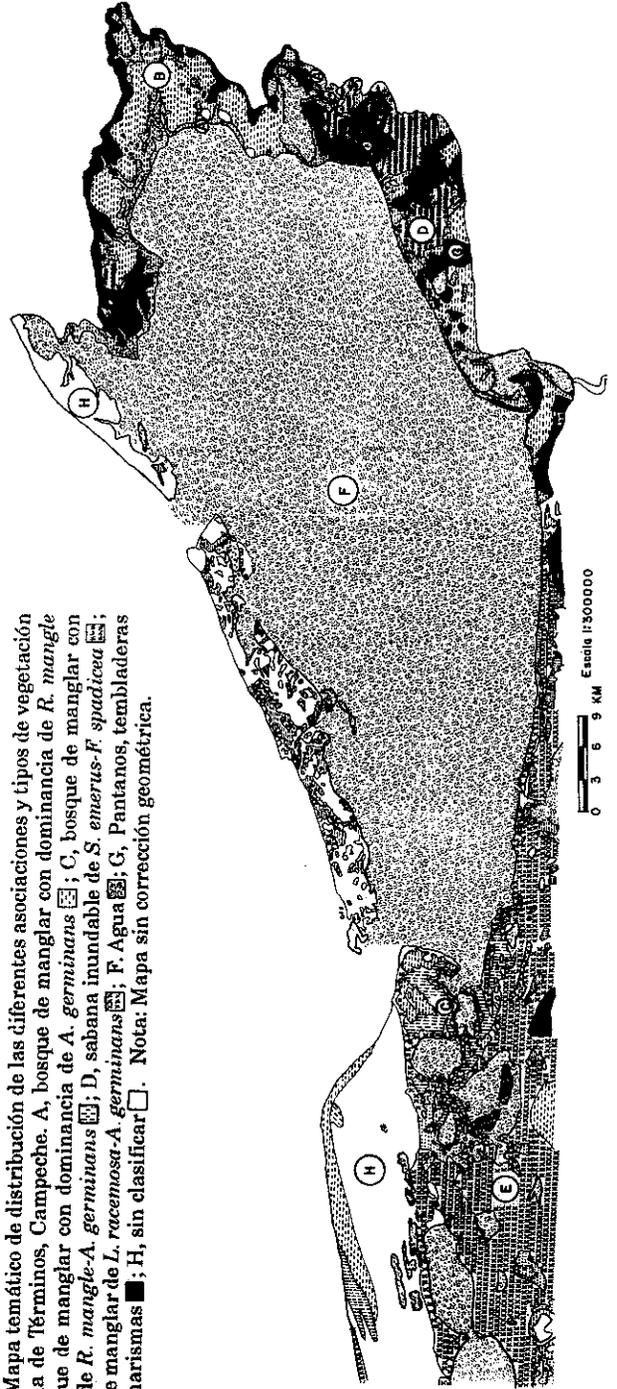
Y resultó una imagen cuyo intervalo está entre 130 y 216.

Para estimar la distribución de especies o asociaciones se desplegó en la pantalla la imagen de falso color eligiendo ocho clases (Fig. 2), con la cual se elaboró un mapa temático (Fig. 3) donde se representaron con símbolos cada una de las diferentes clases; de esta manera se calculó el porcentaje de cada especie, asociación o tipo de vegetación en la Laguna de Términos (Tabla 2) a través del método gravimétrico de recortar y pesar las áreas circunscritas por símbolos. De ello destaca que la mayor



**Figura 2.** Imagen de Satélite LANDSAT tomada con Barredor Multiespectral (MSS) de la Laguna de Términos, Campeche

**Figura 3.** Mapa temático de distribución de las diferentes asociaciones y tipos de vegetación en la laguna de Términos, Campeche. A, bosque de manglar con dominancia de *R. mangle* ■; B, bosque de manglar con dominancia de *A. germinans* ▨; C, bosque de manglar con asociación de *R. mangle-A. germinans* ▩; D, sabana inundable de *S. emerus-F. spadicosa* ▪; E, bosque de manglar de *L. racemosa-A. germinans* ▫; F. Agua ■; G, Pantanos, tembladeras y marismas ■; H, sin clasificar □. Nota: Mapa sin corrección geométrica.



área corresponde a las asociaciones de *L. racemosa* y *A. germinans* con un 13.5%, ubicadas al suroeste (Laguna de Atasta, Pom, Boca Chica y Río Palizada, principalmente), y de condiciones oligohalinas-estuarinas (<20-25‰). El menor porcentaje del total de la imagen correspondió a la asociación de *R. mangle* y *A. germinans* con 2%, distribuidas en una pequeña región del oeste (20-25‰ de salinidad) y en el límite con el ambiente marino (Fig. 3, tabla 2). Es importante mencionar que la distribución de *R. mangle* en La Laguna de Términos es heterogénea, con una definición en la imagen del 3.5% y, particularmente, de influencia marina hacia el margen noroeste (de 25 a >30‰); asimismo, cabe señalar que esta especie se encuentra en otras áreas formando corredores muy discretos menores a 150 m, limítrofes con el agua, y no se discriminan en la imagen.

Para describir el contenido de las clases formadas se contrastaron los datos de campo y las clases espectrales de la imagen, elaborándose la matriz de descriptores/estaciones (Tabla 1), la cual fue procesada con el cálculo de la prueba exacta de Fisher, según Alcántara y Chávez (1988) para obtener:

a) El contenido por clase espectral y

b) Las asociaciones vegetales, esto es, la relación entre especies arbóreas y sus condiciones de altura y abundancia.

Para la estimación de clase espectral-descriptor se consideraron confianzas mayores o iguales a un 80% para las asociaciones vegetales y sus atributos de abundancia, y para la altura se determinaron confianzas iguales o mayores al 90%.

### **CLASES ESPECTRALES Y ASOCIACIONES VEGETALES**

Tres de las clases espectrales derivadas de la vegetación resultaron significativas con más del 80% de confianza.

De la relación entre especies arbóreas sobresalieron tres condiciones de zonación de la comunidad de bosques de manglar, comprendidas entre marea baja y marea de tempestad. El primer conjunto lo formó *R. mangle*, que resultó sin asociación, de mayores alturas y densidades (17 a 25 m de altura y hasta un 80% de abundancia) (Fig. 3-A, Tabla 2) y dentro del código numérico correspondió C81 clase rojo.

Un segundo conjunto lo constituyó *A. germinans* que se caracterizó por alturas inferiores (4-9 m) y de código numérico C83 clase amarillo (Fig 3-B, Tabla 2). El tercer conjunto agrupó cuatro especies de plantas propias de pantanos o sabanas inundables que rodean a la comunidad de bosque de manglar: *Scirpus emerus*, *Sesuvium portulacastrum*, *Borrchia frutescens* y *Fimbristylis spadicea* (de 0.5 a 3 m y del 45% abundancia), de código numérico C85 clase violeta (Fig. 3-D, Tabla 2).

En el contexto de estos tres conjuntos debe considerarse a la asociación *R. mangle* y *A. germinans* de clase naranja-amarillo, y *L. racemosa* y *A. germinans* en lila claro (Tabla 2 y Fig. 2).

Del análisis anterior sobresale la heterogeneidad en la distribución de especies, en las asociaciones y en sus áreas de cobertura, sin ningún patrón definido; resultado de las condiciones ambientales hidrológicas y climáticas generales y locales de la laguna. Thom (1967) ha señalado que en la dinámica deltaica (ambientes lagunares como en Tabasco y Campeche) no es permanente una zonación simple en la comunidad de manglar. Esta distribución difícilmente se pudiera delimitar a través de trabajos *in situ* o de campo, de no ser que se realizaran estudios a largo plazo.

Las investigaciones que se han abocado a la estimación del área de cobertura no discriminan la composición y distribución



TABLA 2. EQUIVALENCIAS DE SIMBOLOS Y COLORES PARA LAS CLASES

	Manglar de <u>R. Mangle</u> con una abundancia del 80%, una altura de 17-25 m y 3.5% de área (Rojo).
	Manglar de <u>A. germinas</u> con una abundancia del 80%, una altura de 4-9 m y 10% de área (Amarillo)
	Manglar de <u>R. mangle</u> y <u>A. germinas</u> con una abundancia del 45%, una altura de 4-9 m y 2% de área (Naranja-amarillo).
	Sabana inundable de <u>S. emerus</u> , <u>F. spadicea</u> , <u>S. portulacastrum</u> y <u>B. frutescens</u> , con una abundancia del 45%, una altura de 0.5-3 m y una área del 3% (Violeta)
	Manglar de <u>L. racemosa</u> y <u>A. germinas</u> con una abundancia del 45%, una altura de 17-25 m y 13.5% de área (Lila claro)
	Cuerpos de agua, lagunas y ríos 53% de área (Azul oscuro)
	Pantanos, tembladeras y marismas 5% de área (Azul claro).
	Sin clasificar 10% de área.

\* Porcentaje de abundancia de especies con respecto a otras en el mismo lugar.

\*\* Porcentaje de área cubierta por la clase (tipo de vegetación, asociación, agua, etc.) con respecto al área ocupada en el mapa temático.

de especies, y en el mejor de los casos sólo se circunscriben a localidades puntuales de la Laguna de Términos, como sucede con los trabajos realizados por Day *et al.* (1982), en el Río Palizada e Isla del Carmen, donde marcan la mayor abundancia de *R. mangle* en la primera localidad y *L. racemosa* para ambos sitios; sin embargo, ésta es una estimación poco precisa y muy localizada. Posteriormente Day *et al.* (1987, 1988) determinaron para estas estaciones una anchura de mangle en Estero Pargo de 50 a 150 m (zona intermareal hacia tierra adentro), con dominancia de *R. mangle* y *L. racemosa*, mientras que *A. germinans* se presentó principalmente en las depresiones someras a través del bosque. Estos autores consideran que Boca Chica (Boca del Río Palizada) es parte de la banda periférica lagunar total de varios kilómetros tierra adentro, compuesta por *R. mangle* (sobresale en el margen), y *A. germinans* y *L. racemosa* que dominan en el bosque interior. Esta última distribución es parecida a la asociación determinada en esta contribución, que representa el 13.5% (clase lila claro) y está ubicada no sólo en la localidad puntual de los citados autores, sino que cubre una mayor área del suroeste, de condiciones predominantemente oligohalinas.

Según los autores arriba citados, *R. mangle* constituye una banda periférica en toda la laguna; sin embargo, la imagen de LANDSAT señaló mayores áreas de cobertura en la margen noreste, con zonas alternadas de distintos tamaños de presencia-ausencia; esta última consideración pudiera precisarse con el empleo de imágenes de satélite de mayor resolución.

El empleo de la imagen LANDSAT en la Laguna de Términos permitió determinar que la asociación *L. racemosa* y *A. germinans* es la que domina dentro de la comunidad del manglar del lado suroeste, y que la mayor heterogeneidad con sabana inundable, pantanos y tembladeras entre-

mezclados con *A. germinans* y áreas de marisma se ubica en el sur y noreste; asimismo, *R. mangle* se presenta en bandas estrechas en la margen lagunar, pero en forma irregular. Finalmente, que no hay un patrón de zonación definido y representativo de esta laguna, de la periferia a tierra adentro.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento al M. en C. José Luis García Calderón y al Técnico Salvador Hernández Pulido, por su apoyo operativo en el desarrollo del presente trabajo.

## LITERATURA CITADA

- ALCÁNTARA, E. A. y C. M. CHÁVEZ, 1988. El cálculo de la exactitud y precisión de categorías informativas. Comunicaciones Técnicas. *Serie Investigación del Instituto de Geofísica*, Univ. Nal. Autón. México. 7 p.
- ANDERSON, R. R., J. CARTER y J. MCGINNIS, 1973. Applications of ERTS to coastal wetlands ecology with special reference to plant community mapping and impact of man. Proc. 3rd ERTS Symp., Washington D.C. pp. 1225-1242.
- BOADEN, P. T. S. y R. SEED, 1985. *An introduction to coastal ecology*. Blackie, New York. pp. 106-128.
- CARTER, J., 1978. Coastal wetlands: role of the remote sensing. Proc. Coastal Zone 78, Symposium on Technical, Environmental, Socioeconomic and Regulatory Aspects of Coastal zone Management. *Am. Soc. Civil Eng. Publ.* San Francisco. pp. 1261-1283.
- DAY JR. J. M., R. H. DAY, M. T. BARREIRO, F. LEY-LOU y C. J. MADDEN, 1982. Primary production in the Laguna de Terminos, a tropical estuary in the southern Gulf of Mexico. *Oceanological Acta* N sp. pp. 269-276.
- DAY JR., J. W., W. H. CONNER, F. LEY-LOU, R. H. DAY y A. MACHADO NAVARRO, 1987. The productivity and composition of mangrove forest, Laguna de Terminos, Mexico. *Aquatic Botany*, 27: 267-289.
- DAY JR. J. M. y A. YÁÑEZ ARANCIBIA, 1988. Consideraciones ambientales y fundamentos ecológicos para el manejo de la región de la Laguna de Términos, sus habitantes y sus recursos pesqueros, pp. 453-482.

En: A. Yáñez-Arancibia y J. M. Day Jr. (Comps.). *Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos*. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México D.F. pp. 453-482.

GUTIÉRREZ-ESTRADA, M. y A. CASTRO DEL RÍO, 1988. Origen y desarrollo geológico de la Laguna de Términos. 89-110 En: A. Yáñez-Arancibia y J. M. Day Jr. (Comps.). *Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos*. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México Coast. Ecol. Inst. LSU Editorial Universitaria, México D.F.

HARTL, 1976. Digital picture processing, In: E. Schanda (Ed.), 1976. *Remote Sensing for Environmental Sciences*. Springer-Verlag. New York. pp. 304-350.

PHLEGER, F. B. y A. AYALA-CASTAÑARES, 1971. Processes and history of Terminos Lagoon, Mexico. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 55(2): 2130-2140.

SABINS, F. F. Jr, 1978. *Remote Sensing: Principles and Interpretation*. W. H. Freeman and Company, San Francisco. 426 p.

THOM, B. G., 1967. Mangrove ecology and deltaic geomorphology: Tabasco, Mexico. *J. Ecol.*, 55: 310-343.

THOM, B. G., 1969. Problems of the development of the Isla del Carmen, Campeche, Mexico. *Geomorphologie, Neial Tolge Bd., Heft.* 13(4): 406-413.

YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. y J. M. DAY, 1982. Ecological characterization of Terminos Lagoon, a tropical lagoon-estuarine system in the southern Gulf of México. In: P. Lasserre and H. Postma (Eds.) *Coastal Lagoons. Oceanological Acta*, Vol. Spec., 5(4): 431-440.

YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., A. L. LARA-DOMÍNGUEZ, P. CHAVANCE y D. FLORES HERNÁNDEZ, 1983. Environmental behavior of Terminos Lagoon ecological system, Campeche, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 10(1): 137-176.

ZAR J. H. 1974. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall. London. 620 p.

Recibido: 10 de Febrero de 1992.

Aceptado: 10 de Junio de 1993.