



EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LAS TASAS DE PÉRDIDA DE SUPERFICIE DE MANGLAR EN MÉXICO

Dirección General de Investigación de Ordenamiento
Ecológico y Conservación de los Ecosistemas

Instituto Nacional de Ecología

Septiembre 2005

Contenido

- I. Resumen
- II. Generalidades
- III. Evaluación de las tasas de pérdida de manglar mediante la comparación bibliográfica de estudios de caso. *Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas, Instituto Nacional de Ecología.*
- IV. Evaluación de las tasas de pérdida de manglar mediante la comparación de polígonos entre 1976 y 2000. *Dirección de conservación de los Ecosistemas, Instituto Nacional de Ecología.*
- V. Conclusiones
- VI. Anexos
Anexo I. Detalles técnicos del trabajo “Evaluación de las tasas de pérdida de manglar mediante la comparación bibliográfica de estudios de caso.”
Anexo II. Detalles técnicos del trabajo “Evaluación de las tasas de deforestación de mangle mediante la comparación de polígonos en 1976 y 2000.”

I. Resumen

Se presentan las estimaciones de la tasa de cambio de la superficie de manglar en México obtenidas por medio del análisis de información bibliográfica de casos de estudio y de la comparación de las superficies de manglar reportadas por el INEGI (1976) y el Inventario Nacional Forestal (2000). Además, se realiza una proyección de la pérdida de manglar hasta el año 2025.

En todos los casos de estudio encontrados en la bibliografía se observa una disminución de la superficie de manglar. La tasa de deforestación anual promedio, estimada con esta información, es de 1.1% anual.

Las tasas de pérdida anual calculadas mediante la comparación de las superficies de manglar oscilan entre el 1 y el 2.5%, en función del método de análisis de la información utilizada.

Por último calculamos que para el año 2025 podría perderse entre el 40% y el 50% de la superficie de manglar estimada para el año 2000.

I. Generalidades

Los manglares son bosques que se encuentran en los límites del continente y las aguas oceánicas. En ellos habitan una gran variedad de flora y fauna silvestre. Son fuente de alimento (peces y mariscos), recursos forestales (leña, madera, postes y carbón) y recursos no maderables (tanino, miel). Además tienen una alta importancia en la productividad primaria y secundaria de las aguas costeras.

La distribución, composición y fisonomía de las comunidades de manglar están influidas por los cambios latitudinales en la temperatura y la precipitación, pero localmente dependen de la geomorfología, el substrato, la salinidad, la inundación y el relieve (López-Portillo y Ezcurra, 2002). Los ecosistemas de manglar se localizan en las bahías, lagunas costeras, esteros, en ciertas partes en la línea de costa y en la desembocadura de los ríos.

Los manglares son fundamentales para las actividades productivas, ya que aseguran la sustentabilidad de la pesca regional y constituyen zonas de desove y crianza de especies de importancia comercial. Son muy importantes en el control de la erosión costera, ayudan a estabilizar la línea de costa y contribuyen a la formación del suelo por acumulación de los sedimentos que quedan atrapados entre sus raíces, lo cual a su vez activa procesos de sucesión ecológica y colonización tanto por plantas y algas marinas como plantas terrestres. Además, los manglares tienen un papel muy importante en la protección y seguridad de las costas ante el impacto de huracanes y Tsunamis.

Las fuentes de deterioro son muy variadas y dependen de cada región, estado y municipio. Las perturbaciones principales en México son la construcción de infraestructura turística, sustitución por campos de cultivo y potreros, camaronicultura, asentamientos humanos y actividad petrolera.

II. Evaluación de las tasas de deforestación de manglar mediante la comparación bibliográfica de estudios de caso. *Alejandra Fregoso Domínguez y Helena Cotler Ávalos, Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas.*

Métodos

En este trabajo se revisó ampliamente la literatura sobre el tema (22 artículos) y se eligieron aquellos artículos útiles para estimar los cambios en la cobertura del bosque de manglar por cambios en el uso del suelo. Con base en esta información fue posible calcular las tasas de deforestación de manglar para los periodos analizados en cada estudio de caso. Estos estudios usan herramientas de percepción remota (imágenes satelitales/ fotografía aérea) complementadas con verificación en campo.

Estudios analizados

Todos los trabajos que sirvieron para calcular las tasas de pérdida se desarrollaron en la costa del Pacífico:

- I.** Alonso-Pérez, F., Ruiz-Luna, A., Turner, J., Berlanga-Robles, C. y Mitchelson-Jacob, G. 2003. Land cover changes and impact of shrimp aquaculture in the landscape in the Ceuta coastal lagoon system, Sinaloa, Mexico. *Ocean&Coastal Management*. 2003; 46:583-600.
- II.** Ruiz-Luna, F. y Berlanga-Robles, C. Modifications in coverage patterns and land use around the Huizache-Caimanero lagoon system, Sinaloa, Mexico: a multi-temporal analysis using LANDSAT images. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1999; 49:37-44.
- III.** Berlanga-Robles, C. y Ruiz-Luna, A. Land use mapping and change detection in the coastal zone of northwest Mexico using remote sensing techniques. *Journal of Coastal research*, 2002; 18(3): 514-522.
- IV.** Ramírez-García, P.; López-Blanco, J y Ocaña D. Mangrove vegetation assessment in the Santiago River Mouth, Mexico, by means of supervised classification using Landsat TM imagery. *Forest Ecology and Management*, 1998. 105: 217-229.

Estimación de la tasa de deforestación de manglar para cada estudio analizado

La fórmula empleada para el cálculo de la tasa de deforestación (r) se obtuvo del Inventario Nacional Forestal. 2000. Instituto de Geografía de la UNAM-INE, según lo propuesto por la FAO (1996):

$$r = 1 - \left(1 - \frac{A_1 - A_2}{A_1} \right)^{\frac{1}{t}}$$

donde A_1 es la superficie en el tiempo inicial, A_2 es la superficie en el tiempo siguiente y t es el intervalo de tiempo entre las dos fechas de medición.

Cuadro 3. Tasas de deforestación de cada estudio analizado.							
Estudio	Lugar	Estado	Periodo analizado	Años analizados	Tasa de cambio	%	Velocidad de cambio (ha/años)
I Alfonso-Pérez et al. 2003.	Laguna Costera de Ceuta	Sinaloa	1984 - 1999	15	-0.0031	-0.31	22.7
II Ruiz-Luna y Berlanga-Robles 1999.	Huizache-Caimanero	Sinaloa	1973 - 1997	24	-0.025	-2.53	44
III Berlanga-Robles y Ruiz-Luna 2002.	Sistema Costero Mjahual	Sinaloa	1973 - 1997	24	-0.0001	-0.007	1.2
IV Ramírez-García et al. 1998	Boca del Río Santiago	Nayarit	1970 - 1993	23	-0.0166	-1.66	14.83

En todos los casos se observa un detrimento de la superficie de manglar. La tasa promedio de los cuatro casos es de 1.1%. La tasa de deforestación más alta que se estimó ocurre en el sistema Huizache-Caimanero con una tasa de 2.5% anual durante el periodo 1973 – 1997 (Ruiz-Luna y Berlanga-Robles 1999). La segunda tasa de deforestación más alta es la de Boca del Río Santiago con 1.6% anual.

III. Evaluación de las tasas de pérdida de manglar mediante la comparación de polígonos en 1976 y 2000. *Rigel Zaragoza, Eduardo Peters y Ernesto Vega, Dirección de conservación de los Ecosistemas.*

Métodos

La tasa de pérdida anual r se evaluó de la misma forma que en el capítulo previo:

$$r = 1 - \left(1 - \frac{A_1 - A_2}{A_1} \right)^{1/t}$$

donde A_1 es la superficie en el tiempo inicial, A_2 es la superficie en el tiempo siguiente y t es el intervalo de tiempo entre las dos fechas de medición.

Para realizar las comparaciones de cobertura de manglar en épocas diferentes fue necesario buscar tanto fuentes estadísticas como cartográficas, que pudieran representar la cantidad de manglar por cada tiempo en cada uno de los estados de la costa del Pacífico, del Golfo de México y de la Península de Yucatán. Se utilizó la serie I del INEGI como el tiempo 1. La fecha usada como referencia para este conjunto de datos es 1976. Para el tiempo 2 se seleccionó el Inventario Nacional Forestal (2000). De este modo, el intervalo utilizado en este análisis es de 24 años.

Se utilizó un sistema de información geográfica para la localización de los polígonos correspondientes a manglar para los dos tiempos y se efectuó una sobreposición en el mapa que abarcara los estados del Golfo de México, Península de Yucatán y costa del Pacífico. Posteriormente se extrajeron los polígonos que correspondieran a la cobertura del manglar por estado. De este modo se evaluaron los cambios de tamaño de los polígonos.

La inspección visual de las bases de datos hizo evidente una serie de inconsistencias entre los polígonos de cada una de las fechas analizadas. En consecuencia, se llevó a cabo un segundo análisis donde se utilizaron polígonos que no se fragmentaron y que conservaron su geometría en las dos fechas de análisis. También se incluyeron polígonos que aparecen

en la fecha inicial pero que desaparecen en la 2ª fecha. De esta manera se aumentó la probabilidad de que los polígonos utilizados fueran exclusivamente de manglar.

La estimación de las tasas promedio de pérdida se realizó mediante la aplicación de técnicas de remuestreo intensivo (conocidas genéricamente como bootstrapping) en el conjunto de polígonos que cumplieron con los requisitos antes mencionados.

Superficie de manglar detectada en el Inventario Nacional Forestal

La superficie de manglar calculada en la serie I de INEGI (1976) tuvo un total nacional de 1,041,267 ha con el 69% ubicado en la costa Atlántica y el 31% en el Pacífico. La superficie total detectada como manglar en el año 2000 es de 880,000 ha aproximadamente, con el 62 % ubicado en el Atlántico y el 38% en el Pacífico.

Tasas de pérdida de superficie de manglar

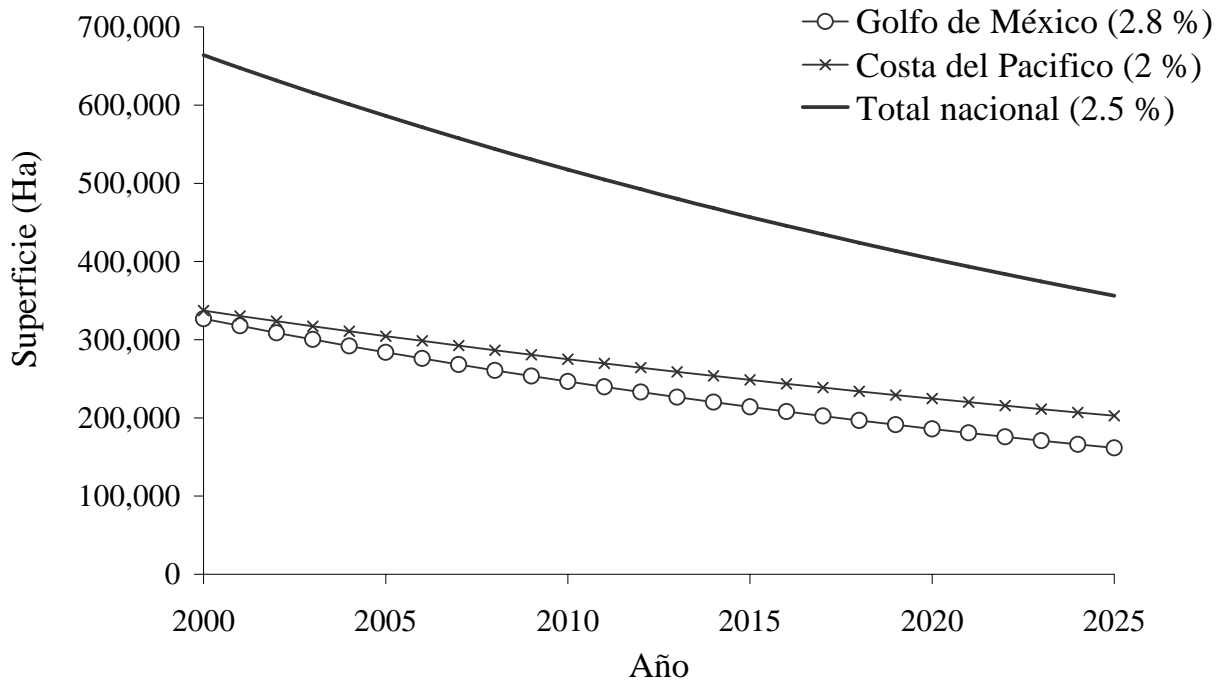
Se obtuvieron dos resultados a nivel nacional. El primero corresponde al análisis, sin depuración de la información disponible para el intervalo entre los años 1976 y 2000. La tasa de pérdida anual nacional en esta primera aproximación resultó de 0.9% aproximadamente. En la segunda estimación, utilizando la información depurada, la tasa de pérdida anual de superficie de manglar calculada con polígonos de las costas pacífica y atlántica es de 2.5% (cuadro 1).

Cuadro 1. Tasas de pérdida anual de superficie de manglar por estado y por costa, calculadas para el intervalo 1976 a 2000. Este cuadro se conforma con información depurada para las dos fechas como se indica en los métodos.

Tasa de pérdida anual en el Golfo de México	2.8
Tasa de pérdida anual en la costa del Pacífico	2.0
Tasa de pérdida anual de manglar en México	2.5

La figura 1 muestra las tendencias de cambio de las superficies de manglar si se mantienen las tasas de pérdida durante un periodo de 25 años. Al final de este lapso se perdería entre el 40 y el 50% de la superficie reportada en el año 2000.

Figura 1. Proyecciones de las tasas de pérdida de manglar en México (la cifra entre paréntesis indica la tasa de pérdida anual)



CONCLUSIONES

- (1) Los casos de estudio reportados en la bibliografía sugieren una tasa de pérdida promedio de manglar del 1.1% anual a nivel nacional.
- (2) El análisis sin depuración de la información disponible, para el intervalo entre los años 1976 y 2000, arroja una tasa de pérdida anual nacional del 1%.
- (3) El análisis depurando la información indica una tasa de pérdida promedio del 2.5% anual a escala nacional.
- (4) Si las tasas de pérdida se mantienen constantes estimamos que para el año 2025 habrá una disminución entre el 40 y el 50% de la superficie de manglar estimada para el año 2000.
- (5) Dadas las limitaciones de la información en general y de la cartografía en particular concluimos que la tasa de pérdida anual de manglar en México se sitúa entre el 1% y el 2.5%.
- (6) Con la información existente y los resultados de este estudio estimamos que se pueden delinear políticas y acciones para la conservación de este ecosistema a nivel nacional. La toma de decisiones a escalas locales deberá hacerse con base en estudios más detallados.

ANEXOS

Anexo I. Detalles técnicos del trabajo “Evaluación de las tasas de pérdida de manglar mediante la comparación bibliográfica de estudios de caso.”

Métodos utilizados y limitaciones generales

Los resultados de la clasificación obtenida de imágenes MSS Y TM son por lo general confiables, permiten inferir cambios en el uso del suelo. Sin embargo, hay errores en los resultados de la clasificación siendo en su mayoría, complicaciones técnicas al separar coberturas que presentan una respuesta espectral similar (vegetación mixta o bien, zonas de manglar y zonas densas de bosque seco) así como, problemas al clasificar el océano y la clase de sucesión secundaria.

En todos los casos, se ejecuta una clasificación supervisada y en ocasiones, se utilizan otras técnicas de manera paralela. Tal es el caso, del algoritmo de extracción y clasificación de objetos homogéneos (ECHO), que es una técnica de contexto que permite clasificar la imagen considerando las características espectrales de cada píxel y también considerar las características espectrales del entorno. En otros estudios hacen un análisis de componentes principales para reducir información redundante. En uno de los casos, se hace uso de una clasificación híbrida con la finalidad de mejorar las clases espectrales de manglar.

El clasificador utilizado en la mayoría de los casos, es el de máxima verosimilitud. Los métodos utilizados para la evaluación de la exactitud del mapa obtenido, respecto a una clasificación al azar son por lo general la matriz de error y el coeficiente Kappa, en ocasiones el método de exactitud total y en un caso el coeficiente Tau.

En la mayoría de los estudios analizados, se hacen observaciones y verificaciones en campo para evaluar los resultados de la clasificación. Sin embargo, en sólo dos estudios se caracterizan las comunidades o asociaciones de manglar, que se pueden distinguir en las imágenes satelitales. En estos casos, la clasificación espectral del manglar fue buena, ya que gracias a la caracterización en campo y al uso complementario de video aéreo ó fotografía aérea, la detección de los campos de entrenamiento en la imagen fue mejor. Cabe

mencionar, que en general la evaluación de la exactitud de las clasificaciones es buena o moderada.

El caso que utilizó de manera complementaria el proceso híbrido de clasificación, además de la caracterización estructural del manglar, logró reconocer 4 diferentes clases de manglar. Al relacionar en un análisis de cúmulos los datos de campo, con las firmas espectrales, obtuvieron 4 grupos. Conocer la estructura forestal de las asociaciones así como, la composición florística, permite identificar cuáles son las especies dominantes en cada asociación (comunidad) y conocer qué asociación o comunidad es la más afectada por el cambio de cobertura.

Para la detección de cambios, la mayoría de los estudios hacen uso de matrices de detección de cambios, en dos ocasiones hacen uso de técnicas de post-clasificación, además de calcular el área ocupada por cada clase y compararlo con distintas fechas. En ninguno de los estudios se presenta un modelo de deforestación o escenarios predictivos. Sólo uno de los estudios, relaciona la tendencia de cambio entre clases, a través de modelos de regresión y correlación, lo cual permitiría hacer algunas predicciones o bien modelos de cambio. Ese mismo estudio, corrobora el resultado de los patrones entre clases, analizando la distribución de frecuencia de valores de NDVI por cada fecha.

Finalmente, se debe considerar que la confiabilidad del conjunto de datos es determinante para dar credibilidad a este tipo de estudios.

Descripción de los métodos empleados en cada estudio

Cada número en esta sección hace referencia al artículo revisado.

I. Procesamiento de imágenes.- Selección de zona de estudio, digitalización de polígonos correspondientes a océano, pozas camaronícolas y poblados, se utilizó una máscara de corte (mask) con esa cobertura vectorial para eliminar del análisis los elementos no deseados. Posteriormente, se hizo una clasificación supervisada de la imagen más reciente (1999). Los campos de entrenamiento utilizados se obtuvieron con la ayuda de mapas topográficos

(INEGI, 1:50,000 del año 1992 y 1:250,000 del año 1997), fotografías aéreas (INEGI, 1:75,000 Abril 1997) y video aéreo (8mm, Junio 2000) así, como puntos de control de campo ubicados con la ayuda de GPS. El clasificador utilizado fue el de máxima verosimilitud.

Evaluación de la exactitud.- Para evaluar la clasificación, se utilizaron 175 puntos de control de campo, con un esfuerzo de muestreo de 4 días. El método utilizado fue la matriz de error. La evaluación de la exactitud del mapa obtenido respecto a una clasificación al azar se hizo a través del coeficiente Kappa y el coeficiente Tau.

Post clasificación y detección de cambios.- Una vez obtenida una buena evaluación de exactitud de la clasificación, se procedió a aplicar el mismo método a la imagen de 1984. Algunos elementos digitalizados con anterioridad incorporaron al mapa temático, mismo al que se le aplicó un filtro de 3*3 previamente, para reducir variación espectral (smoothing). Se hizo una rectificación geométrica para igualar el tamaño del píxel de ambas imágenes (la imagen de TM de 1997 se remuestro a un tamaño de píxel de 60m y la imagen MSS de 1984 originalmente de 80m se corrigió a un tamaño de píxel de 60m) y posteriormente se utilizaron técnicas de post-clasificación para detectar cambios. Se comparó las superficies de cada clase así como una comparación píxel-por-píxel (matriz de detección de cambios) para conocer cuales fueron los píxeles que presentaron algún tipo de cambio y a que clase cambiaron.

II. Procesamiento de imágenes.- Se hizo un realce y simplificación de datos redundantes mediante el análisis de componentes principales (PCA) para todas las bandas y todas las imágenes. La imagen 1993TM fue la primera en clasificar, pues se validó en campo. Se creó una imagen compuesta de falso color (bandas 1,2,3) que permitió la selección de campos de entrenamiento para las 6 clases (laguna, marismas, manglar, bosque seco, vegetación secundaria y agricultura). La selección de los campos de entrenamiento se hizo con la ayuda del mapa topográfico de INEGI (1:50,000); fotografía aérea (1:37,500) de INEGI (Febrero, 1995) y puntos en campo. Para mejorar la clasificación se utilizó un procedimiento que ordena la imagen en regiones estadísticamente homogéneas, para ello se

utilizó el algoritmo de extracción y clasificación de objetos homogéneos (ECHO). Este algoritmo analiza la variación espectral así como, variación espacial de los píxeles. Posteriormente, se hizo la clasificación supervisada de la imagen con el uso del clasificador de máxima probabilidad.

Evaluación de la exactitud.- Se utilizó el coeficiente Kappa para analizar la exactitud del mapa obtenido. Los puntos de validación de campo se tomaron al azar. Una vez validada la clasificación, se hizo el mismo procedimiento para clasificar las otras imágenes. Debido al cambio en coberturas y a las diferencias espectrales entre sensores, se procedió a modificar alguno de los campos de entrenamiento (se cambió la localización de algunos o bien, se incrementó el número de campos) para así obtener una mejor firma espectral de las clases. Posteriormente se obtuvieron los mapas temáticos para cada imagen.

Detección de cambios.- Una vez obtenidos los mapas temáticos, se calculó el área de cada clase y se evaluaron los rangos de cambio así como, los patrones de correlación entre las diferentes clases, a través de modelos de regresión y correlación. Se hizo un análisis de la frecuencia de distribución de valores de NDVI de cada imagen, en esta ocasión, los datos espectrales no se resaltaron o simplificaron. De este análisis se infieren cambios en la estructura de la vegetación o bien, en el estado de salud de la misma, al observar cambios en la distribución de los valores porcentuales de frecuencia de NDVI para cada serie.

III. Procesamiento de imágenes.- Previo al estudio, las imágenes se corrigieron geoméricamente y las características espaciales se ajustaron a un tamaño de píxel de 60m. Las imágenes se rectificaron con el uso de 12 puntos de control, de una función lineal de mapeo; el algoritmo utilizado para remuestrear las imágenes fue el de vecino más cercano. La primer imagen a clasificar fue la más reciente (TM, 1997) y se aplicó una clasificación supervisada, previo a la clasificación, se realizó el proceso de Extracción y Clasificación de Objetos Homogéneos (ECHO). El clasificador utilizado fue el de máxima verosimilitud. Para ello, se utilizaron campos de entrenamiento para obtener las firmas espectrales de cada clases (manglar, laguna, marismas (saltmarsh) bosques secos, vegetación secundaria y agricultura). Para la ubicación y tamaño de los polígonos de entrenamiento se utilizó como

material de apoyo: fotografías aéreas (1995-octubre) de INEGI, mapa topográfico de INEGI (1992 escala 1:25,000), así como puntos de muestreo en campo.

Evaluación de la exactitud.- Se evaluó la exactitud de la clasificación obtenida, a través del método de exactitud total y para evaluar la exactitud del mapa se utilizó el coeficiente Kappa. Los puntos de validación de campo se tomaron al azar (93 puntos). Para este procedimiento, se excluyó del análisis la clase de Laguna, pues asume que no se confunde con ninguna otra clase. Una vez validada la clasificación de la imagen de 1997, siguió el mismo procedimiento para clasificar las otras imágenes (sin puntos de muestreo en campo).

Post clasificación y detección de cambios.- Los cambios en uso del suelo y patrones de coberturas, se obtuvieron a través de una post-clasificación y análisis de detección de cambios. Para reducir el ruido de los mapas resultantes y lograr un mejor análisis, se utilizó un filtro de 3*3 posteriormente, se excluyó del análisis las clases, océano y asentamientos humanos, a través de una máscara de corte (mask).seguido a esto se hizo un análisis multi-temporal, que constó de la elaboración de matrices de detección de cambio, analizando las imágenes por pares: 1973 vs. 1986; 1986 vs. 1990 y 1990 vs. 1993.

IV. Determinación de la estructura forestal.- Se caracterizó las diferentes asociaciones vegetales de manglar, a partir de muestreos en campo. Se hicieron 8 salidas a campo de 5 días cada una, en donde se muestreó de manera perpendicular a la trayectoria del río a una distancia de 100 m y en 11 estaciones de muestreo. El método utilizado para la caracterización estructural, fue el de Cuadrantes Centrados en un Punto (PCQM), los parámetros medidos fueron los siguientes: altura del árbol, $DAP_{1.3m}$ árboles con diámetro ≥ 2 cm., densidad, dominancia, frecuencia y valor de importancia de cada especie presente.

Procesamiento de imágenes.- El mapeo de la zona de manglar se obtuvo a partir de una clasificación supervisada de la imagen TM-1993. Se elaboró una matriz de 1024*1024 con un tamaño de pixel de 25m de las bandas 1,2,3,4,5 y 7. La clasificación se validó con imágenes oblicuas de video para corroborar los patrones de uso del suelo y su distribución. El análisis se hizo en una subárea de 400*500 elementos, representativo de la zona. Se hizo

un estrechamiento del histograma para cada banda, a demás de utilizar un filtro de realce de bordes, con la finalidad de realzar la información de manera visual. También se generaron mapas de composición de colores (4,5,1) y (3,2,1) mejorar el proceso de georreferenciación.

Con el uso del índice del factor óptimo (OIF), se definió la mejor combinación de bandas para crear un mapa de composición de colores. Se creó una matriz de varianza-covarianza de las seis bandas (1-5 y 7) así como, un análisis de componentes principales (PCA) para reconocer las bandas que explican la mayor variabilidad. Finalmente, se hizo una clasificación supervisada (con el uso de los 3 primeros componentes principales) de la subimagen. El clasificador utilizado, fue el de máxima verosimilitud, considerando 10 clases iniciales (áreas de entrenamiento), y el parámetro aglutinador utilizado fue el de distancia de Mahalanobis.

Evaluación de la exactitud.- La clasificación se evaluó a través de una matriz de error. La matriz de error se creó al cruzar (aplicación de SIG) el mapa raster de las zonas de entrenamiento, con el mapa raster derivado de la clasificación supervisada. Para evaluar las diferencias entre las clases espectrales obtenidas en la clasificación supervisada, se hizo un análisis de discriminantes.

Detección de cambios.- Se analizó la cobertura de manglar así como el cambio en la trayectoria del río. Para ello, se utilizó como mapa base el mapa topográfico de CETENAL año 1973 (1:50,000) y la fotointerpretación de fotografías aéreas de CETENAL año 1970 (1:25,000). La trayectoria del río de los años 1970, 1990 y 1993 se digitalizaron e incorporaron al mapa base. De esta manera con el uso de un SIG se delinearón las zonas de manglar afectadas por el cambio en la trayectoria del río.

Información básica de insumos utilizados en cada estudio.

Estudio	Imagen Tipo / Fotografía aérea	Sensor	Resolución espacial	Año(s)	Época toma de imagen
I	Landsat	MSS y TM	60 y 30	1984 (MSS) y 1999 (TM)	Abril y Marzo
II	Landsat	MSS y TM	MSS:60m (1973 y 1986), TM:33m(1990) y TM:25m(1997)	1973,1986,1990 y 1997	Marzo - Mayo
III	Landsat	MSS y TM	MSS:60m(1973 y 1986)	1973, 1986, 1990 y 1997	Febrero - Mayo
IV	Landsat Imagen oblicua de video y Fotografía aérea	TM	TM:25m(1993) Foto aérea:1:25,000(1970)	1970 y 1993	Imagen de Abril

Comentarios sobre tasas de deforestación hechos en los artículos analizados.

C.A. Berlanga-Robles y A. Ruiz-Luna. 2002. Mencionan en su artículo que, Marismas Nacionales reporta tasas de deforestación de: 2.4% y el El Huizache-Caimanero y Estero Urías de 1.9% y 0.6%; mientras que Laguna de Términos de 1.1%.

F. Alfonso-Pérez et al. 2003. Mencionan en su artículo que la tasa de deforestación del manglar en esa zona es relativamente bajo (menos del 0.5% anual), esto al compararlo con otras tasas de deforestación para el país de entre 0.6 - 2.4% según datos citados de Ruiz-Luna A., Berlanga Robles C.A. Modifications in coverage patterns and land use around the Huizache-Caimanero lagoon system, Sinaloa, México: a multitemporary analysis using landsat images. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 1999;49:37-44. y Berlanga-Robles CA. Evaluación de las condiciones actuales y del cambio en los paisajes de humedales de la costa sur de Sinaloa, México; una aproximación con el uso de datos provenientes de sensores remotos. MSc. thesis, UNAM, 1999. 111pp.

Literatura citada

- Alonso-Pérez, F., Ruiz-Luna, A., Turner, J., Berlanga-Robles, C. y Mitchelson-Jacob, G. 2003. Land cover changes and impact of shrimp aquaculture in the landscape in the Ceuta coastal lagoon system, Sinaloa, Mexico. *Ocean & Coastal Management*. 2003; 46:583-600.
- Berlanga-Robles, C. y Ruiz-Luna, A. Land use mapping and change detection in the coastal zone of northwest Mexico using remote sensing techniques. *Journal of Coastal Research*, 2002; 18(3):514-522.
- Ramírez-García, P.; López-Blanco, J y Ocaña D. Mangrove vegetation assessment in the Santiago River Mouth, Mexico, by means of supervised classification using Landsat TM imagery. *Forest Ecology and Management*, 1998. 105: 217-229.
- Ruiz-Luna. F. y Berlanga-Robles, C. Modifications in coverage patterns and land use around the Huizache-Caimanero lagoon system, Sinaloa, Mexico: a multi-

temporal analysis using LANDSAT images. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1999;49:37-44.

- Velázquez, A., Mas, J.F. y Palacio, J.L. 2002. Análisis del cambio de uso del suelo. INE-IGg (UNAM). No. Convenio 312.A.-00215.

Anexo II. Detalles técnicos del trabajo “Evaluación de las tasas de pérdida de manglar mediante la comparación de polígonos en 1976 y 2000”.

Para realizar las comparaciones de cobertura de manglar en épocas diferentes fue necesario buscar tanto fuentes estadísticas como cartográficas, que pudieran representar la cantidad de manglar por cada tiempo en cada uno de los estados de la costa del pacífico, del golfo de México y de la península de Yucatán. Se utilizó la serie I del INEGI como el tiempo 1, que se elaboró a partir de la interpretación de fotografías aéreas tomadas entre los años 1968 y 1986, así como de un intenso trabajo de campo que incluyó más de 10,000 sitios de verificación (Velázquez *et al*, 2002). La fecha usada como referencia para este conjunto de datos es 1976. Para el tiempo 2 se seleccionó el Inventario Nacional Forestal (2000) fase 1. Esta consistió en la actualización de la información digital de la serie II de INEGI, a partir de la interpretación visual de composiciones a color de imágenes Landsat ETM + a la escala 1:125,000. (Velázquez *et al*, 2002). Por lo tanto, el intervalo utilizado en este análisis es de 24 años.

Se utilizó el sistema de información geográfica (Arcinfo 8.2) para la manipulación, generación y salida de la información espacial. Se localizaron los polígonos correspondientes a manglar para los dos tiempos y se efectuó una sobreposición en el mapa que abarcara los estados del Golfo de México, península de Yucatán y costa del pacífico. Posteriormente se cortaron los polígonos que correspondieran a la cobertura del manglar por estado. De este modo se evaluaron los cambios de tamaño de los polígonos.

La inspección visual de las bases de datos hizo evidente una serie de inconsistencias entre los polígonos de cada una de las fechas analizadas. Ellas consisten principalmente en cambios abruptos de número, tamaño, forma y ubicación de los polígonos, que no pueden ser atribuidos a la dinámica intrínseca de este tipo de vegetación, sino a diferencias en los criterios de interpretación usados en cada conjunto de datos. En consecuencia, en el análisis de las tasas de cambio se utilizaron polígonos que no se fragmentaron y que conservaron su ubicación geográfica en las dos fechas de análisis. También se incluyeron polígonos que aparecen en la fecha inicial pero que desaparecen en la 2ª fecha. De esta manera se

garantizó que los polígonos utilizados fueran exclusivamente de manglar, a costa de disminuir la superficie total de manglar analizada.

La siguiente etapa del análisis consistió en obtener una tasa promedio de pérdida de mangle mediante la aplicación de técnicas de remuestreo intensivo (conocidas genéricamente como bootstrapping) en el conjunto de polígonos que cumplieron con los requisitos antes mencionados.

Bibliografía consultada

FAO (1996). Forest resources assessment 1990 . *Survey of tropical forest cover and study of change processes*. Number 130, 152 pp. Roma.

González, F. 2003. *Las Comunidades Vegetales de México*. INE-SEMARNAT, México.

López Portillo, J. y E. Ezcurra. 2002. Los manglares de México: una revisión. *Madera y Bosques*, Número especial: 27-51.