



UNIVERSIDAD DEL MAR
Puerto Ángel, Oaxaca

**EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO
EN LA FRANJA COSTERA LA VENTANILLA-
LAGUNA DEL PALMAR, OAXACA, MÉXICO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

LIC. EN BIOLOGÍA MARINA

PRESENTA

VERÓNICA PALACIOS CHÁVEZ

DIRECTOR DE TESIS

M. en C. Alejandro Espinoza Tenorio

PUERTO ÁNGEL, 6 DE ENERO 2006

Puerto Ángel, Oaxaca a 6 de Enero 2006

UNIVERSIDAD DEL MAR

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de realizar una revisión detallada de la tesis Evaluación del cambio de uso de suelo en la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca, México presentada por la pasante Verónica Palacios Chávez, se considera que cumple con los requisitos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.

COMISIÓN REVISORA

"mare nostrum veritabile faciendum"



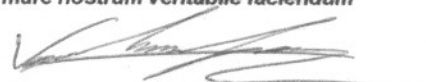
M. en C. Alejandro Espinoza Tenorio
UABC
Director de tesis

"mare nostrum veritabile faciendum"



M. en C. Luis Carlos Bravo Peña
Revisor

"mare nostrum veritabile faciendum"



M. en C. V. Sophie Ávila Foucat
Revisor

"mare nostrum veritabile faciendum"



Dr. Jorge Luis Bretado Velázquez
Vicerector Académico
Universidad de la Sierra Juárez
Revisor

"mare nostrum veritabile faciendum"



M. en C. Pedro Cervantes Hernández
Profesor investigador
Universidad del Mar
Revisor

DEDICATORIA

A mi Madre, Rosa María Chávez Silva, la mujer que más admiro, por la lucha diaria, por tu amor y tu apoyo en todos los aspectos y momentos, gracias por todo.

A mi Padre, José María Palacios Caldera por tener a bien el traernos a este hermoso lugar y por todo lo que me has dado para que hoy sea la persona y profesionalista que soy, gracias.

A mi Abuelo Jesús María Palacios Gaeta, dónde quiera que estés por el tiempo que estuviste con nosotros y por que te extraño tanto como el día que partiste.

A mis hermanos, que a pesar de la distancia están siempre conmigo:

Paola, por las ganas, el empeño a la vida diaria y tu apoyo incondicional.

Elizabeth, por tu apoyo, por ser amiga y confiar en mí.

Pavel, por amar las cosas que haces y no rendirte en los momentos difíciles.

Mariel, por seguir adelante y echarle muchas ganas a todo lo que haces.

José, por compartir conmigo algunas de tus inquietudes y por seguir adelante siempre con buena cara a la vida.

A mi sobrino Israel por tu sonrisa sin duda una motivación para seguir

A Luis A. Chávez Castro, por tu compañía en momentos difíciles, por el amor, los buenos momentos, la paciencia y lo que sigue.

A Alejandro Espinoza Tenorio, por creer en mí, y compartir conmigo tu profesionalismo, las ganas de luchar por este sueño y sobretodo tu amistad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme fuerza en los momentos en los que creí perdida la posibilidad de alcanzar este sueño y por permitirme coincidir con personas que me ayudaron hacer que esto mas que un sueño se hiciera una realidad.

Al M. en C. Alejandro Espinoza Tenorio por la confianza y las ganas puestas para que este trabajo saliera lo mejor posible, por tu paciencia, por leer y releer esta tesis, gracias por todo. Te debo varias cenas ja!

Al M. en C. Luis Carlos Bravo Peña por sus comentarios, apoyo y confianza en este documento, gracias por la idea y las excelentes clases de manejo costero pero sobretodo gracias por acercarme a este mundo complicado pero maravilloso de los SIG's y los S.R.

Al Dr. Jorge Luis Bretado, por los comentarios a este trabajo el apoyo y la disponibilidad incondicional gracias.

Al M. en C. Sophie Ávila Foucat, por su gran disposición y comentarios para la realización de este documento, en verdad muchas gracias!.

Al M. en C. Pedro Cervantes por su apoyo y comentarios a este trabajo.

Al laboratorio de geología de la Universidad del Mar por el préstamo de algunas de las fotografías aéreas utilizadas en esta tesis.

Al Biol. José Martín García López por el material proporcionado para esta tesis y por su ayuda desinteresada en la resolución de algunos de los muchos problemas técnicos, gracias!.

Al Dr Arturo Ruíz Luna y al M. en C. César Alejandro Berlanga Robles (laboratorio de manejo ambiental CIAD, Mazatlán, Sinaloa), por su ayuda y el envío de bibliografía, sin duda indispensable para la realización de esta tesis, gracias!.

Al M. en C. Joanna Acosta Velázquez por acudir a nuestro llamado de auxilio.

Al Instituto de Geografía de la UNAM, Al Dr. Raúl Aguirre y a René por su ayuda, clave para el manejo de imágenes.

A Juan Carlos Ramírez por recibirnos en su casa darnos su ayuda y opinión en el manejo de imágenes.

A Derek por las buenas clases de inglés y por su valiosa cooperación en la realización del abstract para este documento.

A la tripulación del barco UMAR (Capi Eloy, Adrian, Chanito, Juan), por los buenos momentos y atenciones durante la salida de pesca.

Al capi Heladio por su disposición siempre en las salidas a campo durante toda la carrera.

A Mario Corona por su apoyo y ayuda en la sala de computo de la UMAR

A Fernando por su ayuda en la impresión de las figuras para este documento.

A todos mis maestros que han contribuido en mi formación y deformación académica, gracias!. También gracias aquellos que además de ser maestros son amigos gracias en especial a Miguel Ángel Ahumada por tu apoyo y tu amistad.

A mis compañeros de grupo por los momentos en el salón de clase y en las prácticas, a David Vega García por el buen trabajo en equipo.

A mis amigos: Mónica Güemez, Nicolas V., Laura Guzmán, Alex Coleguita (gracias por estar cuando los necesito) Valdiri, Verónica González, Santiago (por acudir siempre a mis llamados de auxilio), Paulo, Héctor Guillermo, Héctor García, Douglas (chato) y Mariana que aunque a distancia siempre tienen buenas palabras y pensamientos hacia mi.

A toda mi extensa familia padres, hermanos, Abue, Tías (Tía Malena me debes una comida), primas, primos, Luis (gracias por tus comentarios y paciencia), Hugo, Janet, Federico, Oli, etc etc quienes siempre tienen buen consejo y una sonrisa para mi gracias!

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. HIPÓTESIS DE TRABAJO	3
IV. ANTECEDENTES	4
4.1 Cambios en el uso de suelo	4
4.1.1 Procesos de cambio de uso de suelo en la costa de Oaxaca	4
4.2 Sistemas de percepción remota	5
4.2.1 Fotografía aérea	6
4.2.2 Imágenes de satélite Landsat	7
4.3 Sensores remotos en la identificación del cambio de uso de suelo	8
4.3.1 Los sensores remotos en el análisis del cambio de uso de suelo en la zona costera mexicana	9
4.4 Pruebas de validación en la evaluación del cambio de uso de suelo	12
V. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	14
5.1 Descripción ambiental	14
5.2 Descripción oceanográfica	15
5.3 Aspectos biológicos	15
5.3.1 Vegetación	15
5.3.2 Fauna	15

5.4 Aspectos socio-económicos del área de estudio	16
VI. METODOLOGÍA	19
6.1 Búsqueda de información y selección de clases de uso de suelo	20
6.2 Procesamiento de imágenes	20
6.2.1 Fotografías aéreas	21
6.2.2 Imagen de satélite Landsat ETM+	22
6.3 Validación de la clasificación de la imagen Landsat ETM+ 2003	23
6.3.1 Diseño de muestreo	24
6.3.2 Obtención de la clase correspondiente a cada sitio de muestreo	24
6.3.3 Análisis de los datos	25
6.4 Detección de cambios de uso de suelo	28
VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES	30
7.1 Selección de bandas en la imagen Landsat ETM+ 2003	30
7.2 Coberturas de uso de suelo	30
7.3 Validación del análisis de uso de suelo en la imagen de satélite	32
7.4 Cambios en las coberturas de uso de suelo	34
7.4.1 Manglar	37
7.4.2 Agua	40
7.4.3 Vegetación natural	42
7.4.4 Agricultura	44
7.4.5 Vegetación escasa ó nula	47
7.4.6 Marisma	49
7.4.7 Asentamientos humanos	51

7.4.8 Dunas y playas	53
7.5 Índice de agrupación Kappa y coeficiente de correlación de Cramer's V obtenidos en la matriz de cambios	55
VIII. Conclusiones	57
IX. Bibliografía	59
Anexo I. Mapas de cambio de uso de suelo en la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca, México (1985, 1995, 1999, 2003)	66
Anexo II. Glosario	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio: Franja Costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca, México	18
Figura 2. Diagrama metodológico general seguido para la detección de cambios de uso de suelo en la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca	19
Figura 3. Variación temporal en la clase manglar en la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca, México	39
Figura 4. Variación temporal en la clase agua en la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca, México	41
Figura 5. Variación temporal en la clase vegetación natural en la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca, México	43
Figura 6. Variación temporal en la clase agricultura en la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca, México	46
Figura 7. Variación temporal en la clase vegetación escasa ó nula en la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca, México	48
Figura 8. Variación temporal en la clase marisma en la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca, México	50

Figura 9. Variación temporal en la clase asentamientos humanos en la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca, México	52
Figura 10. Variación temporal en la clase dunas y playas en la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca, México	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Características de los satélites utilizados para la toma de imágenes	7
Cuadro II. Bandas espectrales del satélite LANDSAT ETM+	8
Cuadro III. Fotografías aéreas e imagen de satélite utilizadas en la detección de cambios de uso de suelo en la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca	20
Cuadro IV. Fechas de las salidas a campo para la recolección de puntos de control en la franja costera La ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca	21
Cuadro V. Ejemplo de una matriz de confusión empleada para la validación de sistemas de clasificación de uso de suelo	25
Cuadro VI. Porcentaje de varianza en los componentes principales de la imagen LANDSAT ETM+ (2003) de la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca	30
Cuadro VII. Carga por banda en el componente uno obtenido del ACP para la imagen LANDSAT ETM+ (2003) de la franja costera La Ventanilla- Laguna del Palmar, Oaxaca	30
Cuadro VIII. Usos de Suelo seleccionados para la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca	31
Cuadro IX. Matriz de confusión construida para evaluar la clasificación supervisada de la imagen LANDSAT ETM+ 2003 correspondiente a la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca	33

Cuadro X. Coberturas estimadas (ha) en los años 1985,1995,1999 y 2003 para la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca 34

Cuadro XI. Matriz de detección de cambios espaciales en la franja costera La Ventanilla-Laguna del Palmar,Oaxaca. Una comparación entre las imágenes a)1985-1995, b)1995-1999 y c)1999-2003 35

XII. Índice de agrupación Kappa y coeficiente de correlación de Cramer's V, obtenidos del análisis de detección de cambios en la comparación de imágenes 1985-1995, 1995-1999 y 1999-2003 55

RESUMEN

El rápido crecimiento de la población mundial ha demandado una mayor apropiación de recursos naturales, y por ende, la alteración del entorno en que se encuentran. En la zona costera del estado de Oaxaca, México, la presión sobre el uso de los recursos ha aumentado considerablemente en las últimas décadas, lo que ha provocado un deterioro ambiental que se manifiesta en forma de altos índices de migración poblacional, erosión de suelos, reducción de la cubierta vegetal y pérdida de la biodiversidad. En este trabajo se evaluó el cambio de uso de suelo en la zona costera La Ventanilla-Laguna del Palmar, Oaxaca, México la cual, por sus atributos biológicos y paisajísticos, ha presentado históricamente importantes actividades productivas (agricultura, pesca y turismo) que requieren atributos ambientales como insumos. Se utilizaron fotografías aéreas (1985, 1995 y 1999) y una imagen LANDSAT ETM+ (2003) para comparar y cuantificar la variación en ocho clases de uso de suelo: Manglar, Agua, Vegetación natural (VN), Agricultura (Ag), Vegetación escasa ó nula (VE), Marisma (Ma), Asentamientos humanos (AH) y Dunas y playas (DYP). Las bandas utilizadas de la imagen LANDSAT ETM+ se seleccionaron con ayuda de un Análisis de Componentes Principales (ACP), la valoración de la clasificación se obtuvo por medio de los índices Kappa y Tau y la matriz de cambios fue analizada con la ayuda de los indicadores Kappa y el Coeficiente de Cramer's V. Con una matriz de cambios se compararon los episodios históricos 1985-1995, 1995-1999 y 1999-2003 ($K= 0.90$ y $Tau= 0.90$). Los indicadores obtenidos de las matrices de cambio mostraron una similitud moderada entre las fechas comparadas ($K= 0.6903, 0.7226$ y $.5935$, Coeficiente de Cramer's V $0.6778, 0.6821$ y 0.5299). Se encontró que las clases vegetación natural y agricultura resultaron con la mayor extensión en el área de estudio. El análisis espacial de cambios demostró que ecosistemas como el manglar y la vegetación natural intercambian temporalmente coberturas, principalmente, con las marismas y la agricultura, respectivamente. La clase asentamientos humanos mostró también una fuerte relación con la agricultura, mientras que esta última ganó cobertura reemplazando a la vegetación escasa.