

**U N I V E R S I D A D D E L M A R**  
**Campus Puerto Ángel**



**Cambios históricos de abundancia para *Lepidochelys olivacea***  
**(Eschscholtz 1829) en la zona litoral-terrestre cercana a playa La**  
**Escobilla, Sta. María Tonameca, Oaxaca.**

**TESIS**

Para obtener el título de:  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA**

Presenta:  
**Eduardo Pérez Vives**

Director de tesis

**MC Pedro Cervantes Hernández**

Puerto Ángel, Pochutla, Oaxaca; septiembre 2013



## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de haber analizado y evaluado la tesis “CAMBIOS HISTÓRICOS DE ABUNDANCIA PARA *LEPIDOCHELYS OLIVACEA* (ESCHSCHOLTZ 1829) EN LA ZONA LITORAL-TERRESTRE CERCANA A PLAYA LA ESCOBILLA, STA. MARÍA TONAMECA, OAXACA”, presentada por el Pasante de Biología Marina **Eduardo Pérez Vives**, se considera que cumple con los requisitos académicos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.

### Comisión Revisora

---

M. en C. Pedro Cervantes Hernández  
Instituto de Recursos, UMAR  
Director

---

M. en C. Martha Regina Harfush  
Meléndez  
CMT, CONANP  
Revisora

---

Biol. Ernesto Omar Albavera Padilla  
CMT, CONANP  
Revisor

---

Francisco Villegas Zurita  
Instituto Ecología, UMAR  
Revisor

---

María del Rosario Piedad Cid Rodríguez  
Instituto de Ecología, UMAR  
Revisora

Puerto Ángel, Oaxaca, septiembre 2013

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera dar mi entero agradecimiento a mi director de tesis Pedro Cervantes Hernández por su apoyo, paciencia y enseñanzas además de animarse a trabajar con las tortugas marinas. Igualmente agradezco al Centro Mexicano de la Tortuga por el trato y el aprendizaje durante mi estancia profesional. Igualmente agradezco a Martha Harfush Meléndez, Ernesto Albavera Padilla, y Cuauhtémoc Peñaflores Salazar por su apoyo, colaboración y recomendaciones para este trabajo. Al director del CMT por avalar mi estancia para que laborara en este sitio, que espero rinda los frutos necesarios para poder realizar cambios importantes en las pesquerías del Golfo de Tehuantepec. Agradezco al profesor Juan Meraz Hernando por el apoyo proporcionado y recomendaciones para reforzar aspectos del trabajo y al profesor Derek por su apoyo en la realización del abstract. Finalmente agradezco a Carmelo, Don Beto, al Remigio y a Josué por ayudarme a cargar esos tremendos archivos muertos que por supuesto dejaron de serlo. A todos aquellos que me brindaron su apoyo, enseñanzas para mi crecimiento personal, personajes que fueron parte importante de mi estancia en la UMAR. Ellos son Temo, Ivonne, Eliel, Topo, Gabo y Anali, al señor Willy, al Tomas, Marcos, Lisa y su hija Chabela, a Mimí, doña Licha y don Aurelio, Tito y Sara agradezco el abrirme las puertas de su casa. Y pues a toda la banda de Zipolite. Agradecer a la exótica y paradisiaca costa de Oaxaca por permitirme ver sus mágicos e inolvidables atardeceres, sus noches tan estrelladas y que además permitió que conociera a la persona que ha hecho de mi vida algo especial, impresionante, fabuloso y demás calificativos que son inefables de describir simplemente ha hecho que mi vida sea especial y mágica.

*Amo el canto del tzentzontle pájaro de cuatrocientas voces, amo el color del jade y el enervante perfume de las flores pero amo más a mi hermano el hombre.*  
**Nezahualcóyotl**

*No hay nada oculto que no vaya a ser descubierto.*  
**Mateo 10:26**

*Todos los hombres mueren pero no todos viven realmente....*

## DEDICATORIA

Para aquellos que posiblemente se rasgaran las vestiduras...le agradezco a Jesucristo por ser mi guía y mi benefactor. A mi Sra Madre que la amo por su entrega, amor y apoyo total e incondicional; que cuidó de mí y ayudó a ser lo que hoy soy. Por ser simplemente ella y enseñarme a valorar el esfuerzo de las mujeres en la vida de cualquier hombre, por su amor e inteligencia. Gracias mamacita!!!!!!!. A las personas que son un eje primordial en mi vida: mi bro Alex/Jano por compartirme sus enseñanzas musicales. A mis primos Witsy, Diego, Uri e Irit los amo primos son especiales. A mi tía Monse, Barbara y Lupe por sus consejos y entero apoyo desde que fui chico. Alejandro por sus consejos y apoyo en momentos importantes de mi vida, al abuelo Orozco por enseñarme apreciar, a cuidar y edificar la naturaleza. A la abuela bebita que siempre me brindo su cariño de forma incondicional. A mis abuelos que pues no tengo ni como agradecerles sus atenciones, sus preocupaciones y sus cuidados a ustedes mis abuelitas Monse y Tere por su gran corazón. A mi abuelo Panchito que siempre me ha enseñado a llevarme con rectitud en la vida además de enseñarme ciertas cuestiones que serán útiles en mi formación como hombre, a mi Horacio, mi Daniela y mi David por su apoyo incondicional y su gran amor en todo momento son especiales en mi vida. También quiero dedicarle igualmente este trabajo a la señora Rafaela (que buenas pláticas y gratos momentos compartidos), Alejandra y Marina. Finalmente quiero dedicar este trabajo a Zen que ha hecho de mi vida algo mágico y único, mostrándome que el amor puede dejar de ser platónico, que hizo de mi vida algo extraordinario, que estando a tu lado compartimos atardeceres en las playas paradisíacas del Pacífico, lluvias torrenciales, tormentas eléctricas y hasta huracanes, los cafecitos humeantes y espumosos de Oaxaca, los huevos estrellados con pimienta, a ti por ser mi "Pillow of winds". Por último quisiera dedicar de manera especial a este trabajo a tod@s aquellos que somos los olvidados del sistema, a las comunidades autóctonas de nuestro México y a todas las comunidades de Oaxaca que sin duda forman parte de las venas abiertas de nuestra América latina y de este mundo que vive al revés.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	ix
ACRÓNIMOS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2 ANTECEDENTES.....</b>	<b>10</b>
2.1 Manejo y situación de tortugas marinas .....	10
2.2 Variación de cinco loci microsatélite en <i>L. olivacea</i> .....	11
2.3 Variación de microsatelitales nucleares .....	11
2.4 Explotación histórica y evaluación pesquerías camarón .....	12
2.5 Variación interanual de reclutas y reproductores de camarón.....	12
2.6 Estado de explotación de pesquerías de camarón.....	13
<b>3 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>4 OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
4.1 Objetivo general .....	14
4.2 Objetivos específicos.....	14
<b>5 HIPÓTESIS .....</b>	<b>15</b>
<b>6 ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>16</b>
<b>7 METODOLOGÍA .....</b>	<b>19</b>
7.1 Parámetros poblacionales .....	19
7.1.1 Tasa de mortalidad $M$ .....	19
7.1.2 Tasa intrínseca de crecimiento ( $r$ ) y máximo tamaño poblacional ( $k$ ) .....	21
7.1.3 Comparación entre las tasas de mortalidad $M$ y $r$ .....	22
7.2 Series de tiempo .....	22
7.2.1 Componentes espectrales $T$ y $C$ .....	22
7.3 Obtención de la información remota .....	24
7.3.1 Variables oceanográficas .....	24

---

7.4 Análisis de correlación múltiple .....	26
<b>8 RESULTADOS</b> .....	27
8.1 Parámetros poblacionales .....	27
8.1.1 Tasa de mortalidad $M$ .....	27
8.1.2 Tasa intrínseca de crecimiento ( $r$ ) y tamaño máximo poblacional ( $k$ ) .....	28
8.1.3 Comparación entre las tasas de mortalidad $M$ y $r$ .....	29
8.2 Series de tiempo .....	29
8.2.1 Componente espectral $T$ .....	29
8.2.2 Componente espectral $C$ .....	30
8.3 Análisis de correlación múltiple .....	34
<b>9 DISCUSIÓN</b> .....	36
<b>10 CONCLUSIONES</b> .....	45
<b>11 REFERENCIAS</b> .....	46
ANEXO I .....	61
ANEXO II .....	64
ANEXO III .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> a) Cabeza y escamas prefrontales, b) carapacho c) plastrón de <i>L. olivacea</i> .....	5
<b>Figura 2.</b> Ubicación geográfica de la zona litoral cercana a la playa La Escobilla.....	18
<b>Figura 3.</b> Punto cercano a La Escobilla y polígono en el GT de muestreo de Cl <i>a</i> y TSM.....	26
<b>Figura 4.</b> Estructuración de los histogramas de frecuencias para definir el intervalo de la tasa de mortalidad <i>M</i> en machos y hembras de <i>L. olivacea</i> .....	27
<b>Figura 5.</b> Estructuración de los histograma de frecuencias para definir el intervalo de la tasa intrínseca de crecimiento ( <i>r</i> ) en machos (izquierda) y hembras (derecha) de <i>L. olivacea</i> .....	28
<b>Figura 6.</b> Estructuración de los histogramas de frecuencias para definir el intervalo del tamaño máximo de la población ( <i>k</i> ) en machos (izquierda) y hembras (derecha) de <i>L. olivacea</i> .....	29
<b>Figura 7.</b> Componente espectral de <i>T</i> para la abundancia poblacional de machos (área gris) y hembras (línea negra) de <i>L. olivacea</i> en la zona litoral (machos) y en la playa La Escobilla (hembras) de enero de 1978 a mayo de 1990 .....	30
<b>Figura 8.</b> Componente espectral <i>C</i> para la abundancia poblacional de <i>L. olivacea</i> de enero de 1978 a mayo de 1990. Rectángulos = temporadas de veda para el recurso camarón, espacio entre rectángulos = temporadas de pesca para el recurso camarón en el Golfo de Tehuantepec.....	31

- Figura 9.** Componente espectral de  $C$  para la abundancia poblacional de  $F. californiensis$  ( $DA_c$ ) de enero de 1978 a mayo de 1990.....31
- Figura 10.** Componente espectral  $C$  para la  $Cl a$  (línea verde) y  $TSM$  (línea roja) de enero de 1978 a mayo de 1990.....32
- Figura 11.** Componente espectral  $C$  de  $Cl a$  obtenida a partir de un polígono (Fig. 3) en la coordenada  $13^{\circ}30'.00''$  N,  $95^{\circ}30'.00''$  O en GT (línea solida), frente a playa La Escobilla (línea punteada) fue a partir de un punto (Fig. 3) en la coordenada  $15^{\circ}30'.00''$  N,  $96^{\circ}30'.00''$  O, la  $Cl a$  fue obtenida de noviembre de 1978 a marzo de 1986.....33
- Figura 12.** Componente espectral  $C$  de  $TSM$  obtenida de la coordenada  $13^{\circ}30'.00''$  N,  $95^{\circ}30'.00''$  O dentro del Golfo de Tehuantepec (líneas salteadas) y frente a playa La Escobilla (línea punteada) fue a partir de la coordenada  $15^{\circ}30'.00''$  N,  $96^{\circ}30'.00''$  O, la  $TSM$  fue obtenida de enero de 1978 a mayo de 1990.....33
- Figura 13.** Componente espectral  $C$  de la abundancia poblacional de  $L. olivacea$  y  $F. californiensis$  ( $DA_c$ ), de enero de 1978 a mayo de 1990.....34
- Figura 14.** Imágenes de la captura de  $L. olivacea$  por arrastres durante la pesca de camarón además de la captura comercial en los años 70 y 80's. La última imagen pertenece al rastro que estaba ubicado en San Agustínillo, Sta. María Tonameca, Oaxaca, México.....37
- Figura 15.** Propuesta final para establecer un nuevo régimen de vedas en el GT". Componente espectral  $C$  de  $L. olivacea$  (Línea negra) e índice  $DA_c$  de  $F. californiensis$  (Línea gris) Rectángulos son vedas modificadas (de  $n$  a  $n+1$ ), espacio entre rectángulos son temporadas de pesca modificadas.....44

## ÍNDICE DE TABLAS

### Página

<b>Tabla I.</b> Método de obtención del índice $DA_c$ de <i>F. californiensis</i> . Modificado de Cervantes-Hernández (2008) .....	24
<b>Tabla II.</b> Intervalo confiable de la tasa de mortalidad $M$ para la población de machos y hembras <i>L. olivacea</i> en la zona litoral y en la playa La Escobilla de enero de 1978 a mayo de 1990. Desviación estándar del error ( $DE_w$ ), significancia estadística ( $P$ ) .....	27
<b>Tabla III.</b> Intervalos confiables de los parámetros poblacionales $r$ y $k$ , para la población de machos y hembras de <i>L. olivacea</i> en la zona litoral en la playa La Escobilla de enero de 1978 a mayo de 1990. Desviación estándar del error ( $DE_w$ ), significancia estadística ( $P$ ) .....	28
<b>Tabla IV.</b> Matriz de correlación múltiple entre las componentes espectrales $C$ poblacionales y oceanográficas, de noviembre de 1978 a marzo de 1986 ( $\alpha = 0.05$ , $n = 88$ ). Abundancia poblacional en ciclo de <i>L. olivacea</i> ( $N_{t\text{ OBS}}$ ) y <i>F. californiensis</i> ( $DA_c$ ), ciclos para temperatura superficial del mar ( $TSM$ ) y la concentración de $Cl a$ ( $Cl a$ ), significancia estadística ( $P$ ) .....	35
<b>Tabla V.</b> Cantidad en toneladas de peso fresco de tortuga marina capturada en Puerto Ángel y Puerto Escondido, Oaxaca, México (INP 1978; 1979; 1980; 1981). Cantidad de tortuga capturada en el Estado de Oaxaca (INP 1982; 1983; 1984; 1985; 1986; 1987; 1988; 1989; 1990).....	38

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Página**

### **Anexo I**

<b>Anexo I</b> Mapas de ubicación geográfica del área de estudio.....	61
<b>Anexo I.a</b> Mapa de la división distrital del Estado de Oaxaca.....	61
<b>Anexo I.b</b> Mapa de la división municipal de la región de la costa del Estado de Oaxaca .....	61
<b>Anexo I.c</b> Mapa de las regiones y cuencas hidrológicas del Estado de Oaxaca.....	62
<b>Anexo I.d</b> Mapa de los climas que imperan en el Estado de Oaxaca.....	62
<b>Anexo I.e</b> Mapa de la temperatura media anual que impera en el Estado de Oaxaca .....	63
<b>Anexo I.f</b> Mapa de la precipitación total anual en el Estado de Oaxaca.....	63

### **Anexo II**

<b>Anexo II.a</b> Abundancia de <i>L. olivacea</i> ( $N_{i\text{OBS}}$ ), considerando hembras y machos en la zona terrestre-litoral de playa La Escobilla de enero de 1978 a mayo de 1990.....	64
<b>Anexo II.b</b> Componente espectral $C$ para la $Cl\ a$ (línea verde) e índice $DA_c$ (línea gris) de enero de 1978 a mayo 1990.....	64

### **Anexo III**

<b>Anexo III.a</b> Características instrumentales del sensor óptico CZCS.....	65
<b>Anexo III.b</b> Sensibilidad de polarización.....	66
<b>Anexo III.c</b> Instrumentos de inclinación y comandos de entrada.....	66
<b>Anexo II.d</b> Descripción de las funciones del AVHRR.....	66

## ACRÓNIMOS

Mortalidad natural	<i>M</i>
Mortalidad por pesca	<i>F</i>
Mortalidad total	<i>Z</i>
Golfo de Tehuantepec	<i>GT</i>
<i>Lepidochelys olivacea</i>	<i>L. olivacea</i>
Tasa intrínseca de crecimiento poblacional	<i>r</i>
Tamaño máximo poblacional	<i>k</i>
Concentración de Clorofila <i>a</i>	<i>Cl a</i>
Temperatura Superficial del Mar	<i>TSM</i>
Pacífico mexicano	<i>Pm</i>
<i>Farfantepenaeus californiensis</i>	<i>F. californiensis</i>
Índice de reclutas	<i>FR</i>
Índice de reproductores	<i>DA</i>
Índice de abundancia de reproductores de <i>F.californiensis</i>	<i>DA<sub>c</sub></i>
Componente espectral tendencia	<i>T</i>
Componente espectral ciclo-estacional	<i>C</i>
Registro de hembras y machos	<i>N<sub>t OBS</sub></i>
Remuestreos <i>N<sub>t OBS</sub></i>	<i>N<sub>b</sub></i>
Centro Mexicano de la Tortuga	<i>CMT</i>
Por sus siglas en inglés:	
Costal Zone Color Scanner	<i>CZCS</i>
Global Area Coverage	<i>GAC</i>
National Oceanography and Atmospheric Administration	<i>NOAA</i>
Hierarchical Data Format	<i>HDF</i>

Windows Image Mananger

WIM

Advanced Very High Resolution Radiometer

AVHRR

## RESUMEN

Se analizaron los registros históricos de la captura comercial para *Lepidochelys olivacea* de la zona litoral-terrestre cercana a la playa la Escobilla (hembras) y en la zona litoral de La Escobilla (machos), de enero de 1978 a mayo de 1990, de abundancia poblacional estimándose con diferenciación de sexos los siguientes parámetros poblacionales, tasa de mortalidad natural ( $M$ ), tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r$ ) y tamaño máximo poblacional ( $k$ ). La serie de tiempo de abundancia poblacional, fue descompuesta espectralmente para obtener las componentes espectrales de tendencia ( $T$ ) (con distinción de sexos) y el ciclo  $C$  o  $CN_{t\ OBS}$  (sin distinción de sexos). En base en lo anterior, se evaluaron los efectos de  $M$  y  $r$  sobre la componente espectral  $T$ , mientras que para la componente espectral  $C$ , fue correlacionada de manera múltiple con sus similares de concentración de clorofila  $a$  ( $Cl\ a$ ) y temperatura superficial del mar ( $TSM$ ). En este análisis se consideró la inclusión del componte espectral  $C$  de abundancia de reproductores del camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (índice  $DA_c$ ). Para el parámetro de la tasa  $M$  de *L. olivacea*, se determinó una mayor afectación sobre los machos (0.60 mensual) en comparación con las hembras (0.48 mensual), con un efecto descendente en la componente espectral  $T$  ( $M > r$ ), generando una menor disponibilidad de machos ( $k = 5,017$  organismos) en comparación con las hembras ( $k = 25,781$  organismos). Se contrarrestaron los efectos de la tasa  $M$  y se evidenció una renovación poblacional constante para ambos sexos ( $r = 0.36$  mensual). Adicionalmente se obtuvo una relación directa entre las compontes espectrales  $CN_{t\ OBS}$  y  $DA_c$  (0.75,  $p < 0.05$ ), lo cual sugiere la sincronización entre la anidación masiva de *L. olivacea* en la zona litoral-terrestre cercana a la playa La Escobilla (septiembre a noviembre) y el periodo máximo de reproducción de *F. californiensis* (octubre a diciembre) en el Golfo de Tehuantepec (GT). Las condiciones oceanográficas que ocurrieron en La Escobilla y el GT resultaron ser similares, de manera que entre las componentes espectrales  $CN_{t\ OBS}$ ,  $Cl\ a$  y  $TSM$  se obtuvo una correlación directa. De acuerdo a los antecedentes y al valor de correlación obtenido, se evidencia que las actividades de pesca dirigidas al recurso de camarón se incrementan durante las temporadas de pesca en el GT (septiembre a abril), influyendo en una mayor captura incidental de *L. olivacea*.

## ABSTRACT

The historical records of the commercial capture of *Lepidochelys olivacea* from coastal land areas close to La Escobilla beach (females) and from littoral zones of La Escobilla beach (males) from January 1978 to May 1990 were analyzed in terms of population abundance by estimating the following population parameters with gender differentiation: natural mortality ( $M$ ), intrinsic rate to population growth ( $r$ ) and maximum population size ( $k$ ). Times series of population abundance was spectrally broken down in order to obtain spectral components for tendency ( $T$ ) (with gender distinction) and the  $C$  or  $CN_{t\text{OBS}}$  cycle (without gender distinction). Based on the above, the effects of  $M$  and  $r$  on end  $T$  of were evaluated, while component  $C$  was correlated in multiple ways with its counterparts of Chlorophyll  $a$  (Chl  $a$ ) concentrations and sea surface temperature ( $SST$ ). In the analysis, the inclusion of spectral component  $C$  of brown shrimp *Farfantepenaeus californiensis* brood stock was taken into account (index  $DA_c$ ). For rate  $M$  of *L. olivacea*, a greater affection on the males (0.60 monthly) was determined in comparison to the females (0.48), with a falling effect in the spectral component  $T$  ( $M > r$ ) generating a lesser availability of males ( $k = 5,017$  organism) in comparison to females ( $k = 25,781$  organism). The effects or rate  $M$  were offset and constant population renovation was evidenced for both sexes ( $r = 0.36$ ). Additionally, a direct relationship between spectral components  $CN_{t\text{OBS}}$  and  $DA_c$  was obtained (0.75,  $p < 0.05$ ) which suggest synchronization between massive nesting of *L. olivacea* in the coastal land areas close to La Escobilla beach (September to November) and the maximum reproduction period of *F. californiensis* (October to December) in the Gulf of Tehuantepec (GT). The oceanographic conditions occurring in La Escobilla and the GT were similar so that the correlation between spectral components  $CN_{t\text{OBS}}$ , Chl  $a$  and  $SST$  was direct. According to available records and to the correlation value obtained, it was evident that fishing activities directed at the shrimp resource increased during the fishing seasons in the GT (September to April), influencing a greater incidental capture of *L. olivacea*.