



---

# UNIVERSIDAD MICHUACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE BIOLOGÍA

MAESTRÍA EN CONSERVACIÓN Y MANEJO  
DE RECURSOS NATURALES

“Machos de Tortuga Negra (*Chelonia agassizii*) en Michoacán:  
Abundancia, Morfometría, Radio Sexual y Distribución Espacio-  
Temporal”.

## TESIS

Que para obtener el grado académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A

RICARDO LEMUS FERNÁNDEZ

Directores de tesis: Javier Alvarado Díaz  
Carlos Delgado Trejo

Morelia,  
Michoacán Diciembre de 2007

RESUMEN .....	7
INTRODUCCIÓN .....	10
Estado actual de <i>Chelonia agassizii</i> .....	11
OBJETIVOS .....	16
CAPITULO I. ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN .....	17
INTRODUCCIÓN .....	17
Parámetros poblacionales .....	17
ANTECEDENTES .....	19
Estimación de la población .....	19
Características estacionales de reproducción .....	20
MÉTODOS .....	21
Estimación de la población .....	21
Criterio para la selección del método utilizado .....	21
Muestreo .....	21
Eventos de muestreo .....	21
Registro y marcaje de machos .....	24
RESULTADOS .....	25
Salidas preliminares .....	25
Evaluación de técnicas de captura .....	25
Abundancia poblacional de machos adultos .....	26
DISCUSIÓN .....	28
Sitios de capturas .....	28
Estimación de la abundancia poblacional .....	29
Revisión de los supuestos del método de Schnabel (1938) .....	29
CAPITULO II MORFOMETRIA .....	31
INTRODUCCIÓN .....	31
Dimorfismo sexual .....	32
ANTECEDENTES .....	33
Caracterización morfométrica de machos adultos de <i>Chelonia agassizii</i> .....	33
Dimorfismo sexual .....	35
MÉTODOS .....	37
Caracterización morfométrica de machos reproductores .....	37
Dimorfismo sexual .....	39
RESULTADOS .....	40
Caracterización morfométrica de machos reproductores de <i>C. agassizii</i> .....	40

<b>COMPARACIÓN MORFOMETRICA MACHO - HEMBRA</b> .....	<b>47</b>
Análisis de componentes principales .....	48
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>50</b>
Morfometría .....	50
<b>CAPITULO III. RADIO SEXUAL Y RADIO SEXUAL OPERATIVO</b> .....	<b>54</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>54</b>
Proporción sexual natural en crías de tortuga negra.....	54
Radio sexual operativo .....	55
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>56</b>
Proporción sexual.....	56
Radio sexual operativo .....	58
<b>MÉTODOS</b> .....	<b>60</b>
Determinación de la proporción sexual en adultos reproductores de tortuga negra.....	60
Determinación del radio sexual operativo .....	60
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>61</b>
Proporción sexual en adultos reproductores de tortuga negra.....	61
Radio sexual operativo .....	62
Radio sexual operativo por tres periodos de muestreo. ....	63
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>64</b>
Proporción sexual.....	64
Radio sexual operativo .....	65
<b>CAPITULO IV. DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE ADULTOS REPRODUCTORES</b> .....	<b>66</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>66</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>68</b>
Distribución espacio-temporal.....	68
<b>MÉTODOS</b> .....	<b>69</b>
Distribución temporal.....	70
Distribución espacial.....	70
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>72</b>
Distribución temporal .....	72
Distribución temporal por sexo.....	73
Distribución espacial. ....	74
<b>PATRÓN DE DISTRIBUCIÓN OBSERVADO EN LOS CUADRANTES</b> .....	<b>75</b>
Patrón de distribución observado en los Subcuadrantes .....	75
Análisis de la distribución espacial.....	76
Distribución espacio- temporal.....	77

Primer periodo (24 de Septiembre- 15 de Octubre) -----	77
Segundo periodo (18 de Octubre - 14 de Noviembre). -----	79
Tercer periodo de muestreo (15 de octubre- 15 de noviembre). -----	81
<b>DISCUSIÓN</b> -----	<b>82</b>
Distribución temporal-----	82
Distribución espacial-----	83
<b>CONCLUSIONES</b> -----	<b>86</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</b> -----	<b>89</b>

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Figura1. Distribución geográfica-----	13
Figura 2. Localizacion del área de estudio -----	15
Figura 3. Playa Colola -----	15
Figura 4. Playa Xicuaza -----	15
Figura 5. Ciclo de vida de las tortugas marinas -----	17
Figura 6. Medidas y tendido de la red-----	24
Cuadro 1. Eventos de captura y recaptura -----	27
Cuadro 2. Resultado método de Schnabel (1938)-----	28
Cuadro 3. Medidas de tendencia central de 32 machos adultos -----	35
Cuadro 4. Variables comparadas entre machos y hembras de <i>C. agassizii</i> -----	39
Cuadro 5. Medidas de tendencia central de 15 variables morfometricas de machos adultos de <i>C. agassizii</i> -----	41
Figura 7. y 8. Medidas de tendencia central y rango del LRC Y ARC-----	42
Figura 9. Medidas de tendencia central y rango de PESO -----	42
Figura 10 y 11. Medidas de tendencia central y rango de la COLA Y LAA-----	43
Figura12 y 13. Medidas de tendencia central y rango del LAP Y LUA-----	43
Figura 14 y 15. Medidas de tendencia central y rango del LUP Y AC-----	44

Figura 16 y 17. Medidas de tendencia central y rango del LC Y LP -----	44
Figura 18 y 19. Medidas de tendencia central y rango del AP y ALTO -----	45
Figura 20 y 21. Medidas de tendencia central y rango deL LCC Y ACC -----	45
Figura 22. Ficha de identidad de machos adultos de <i>C. agassizii</i> . -----	46
Cuadro 6. Estadística descriptiva de siete caracteres morfométricos comparando machos y hembras N=68 para ambos sexos-----	47
Cuadro 7. Comparación de medias con la prueba de t-student, contrastando macho y hembras N=68. -----	47
Figura 23. Grafica de comparación de medias de las medidas de siete caracteres morfométricos de machos y hembras N=68 -----	48
Cuadro 8. Componentes principales -----	48
Figura 24. Spinning plot de componentes principales de siete caracteres morfométricos de machos y hembras -----	50
Figura 25. Comparación de medias de LRC de macho y hembra de <i>Chelonia agassizii</i> y hembra <i>Chelonia mydas</i> .-----	53
Figura 26. Machos de tortuga negra en cortejo-----	64
Cuadro 9. Patrones de distribución espacial -----	68
Figura 27. Cuadrantes de 500 mts x 500 mts. y subcuadrantes divididos cada 100 mts-----	71
Figura 28. Dirección y ángulo de los recorridos realizados en los muestreos, en una lancha con motor fuera de borda -----	71
Figura 29. Distribución temporal de tortuga negra durante los tres periodos de muestreo -----	73
Cuadro 10. Registro de individuos de tortuga negra, incluyendo machos, hembras y no identificados, durante el primer periodo de muestreo-----	73
Figura 30. Registro de individuos de tortuga negra durante el primer periodo-----	73
Cuadro 11. Registros de individuos de tortuga negra, incluyendo machos, hembras y no identificados, durante el segundo periodo de muestreo -----	74
Figura 31. Registro de individuos de tortuga negra durante el primer periodo-----	74

<b>Cuadro 12. Registros de individuos de tortuga negra, incluyendo machos, hembras y no identificados, durante el tercer periodo de muestreo-----</b>	<b>74</b>
<b>Figura 32. Registro de individuos de tortuga negra durante el tercer periodo-----</b>	<b>74</b>
<b>Figura 33. Distribución espacial en los cuadrantes -----</b>	<b>75</b>
<b>Figura 34. Distribución espacial en los subcuadrantes -----</b>	<b>75</b>
<b>Cuadro 13. Resultados del análisis de distribución-----</b>	<b>76</b>
<b>Figura 36. Ajuste a una distribución negativa-----</b>	<b>76</b>
<b>Figura 35. Distribución espacial de machos, hembras y no identificados-----</b>	<b>MAPA ANEXO</b>
<b>Cuadro 14. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los diez cuadrantes, durante el primer periodo de muestreo -----</b>	<b>77</b>
<b>Figura 37. Distribución espacial de machos, hembras y no identificados, en los diez cuadrantes durante el primer periodo de muestreo-----</b>	<b>78</b>
<b>Cuadro 15. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los sucuadrantes, durante el primer periodo de muestreo-----</b>	<b>78</b>
<b>Figura 38. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los subcuadrantes, durante el primer periodo de muestreo-----</b>	<b>79</b>
<b>Cuadro 16. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los subcuadrantes, durante el segundo periodo de muestreo -----</b>	<b>80</b>
<b>Figura 39. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los cuadrantes, durante el segundo periodo de muestreo -----</b>	<b>80</b>
<b>Figura 40. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los subcuadrantes, durante el segundo periodo de muestreo -----</b>	<b>80</b>
<b>Cuadro 17. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, dentro de los cuadrantes, durante el tercer periodo de muestreo -----</b>	<b>81</b>
<b>Figura 41. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los cuadrantes, durante el tercer periodo de muestreo-----</b>	<b>81</b>
<b>Cuadro 18. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, dentro de los subcuadrantes, durante el tercer periodo de muestreo-----</b>	<b>82</b>

---

---

<b>Figura 42. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los subcuadrantes, durante el tercer periodo de muestreo-----</b>	<b>82</b>
<b>Cuadro 19. Número y porcentaje de mancuernas detectadas copulando en los cuadrantes ----</b>	<b>84</b>
<b>Figura 43. Mancuernas detectadas sobre los cuadrantes-----</b>	<b>84</b>
<b>Anexo 1. Registro de machos capturados-----</b>	<b>99</b>
<b>Anexo 2. Caracterización morfométrica de machos reproductores-----</b>	<b>100</b>
<b>Anexo 3. Radio sexual operativo y distribución espacio-temporal-----</b>	<b>101</b>
<b>Anexo 4. Ficha de identidad de machos adultos de tortuga negra-----</b>	<b>102</b>

## RESUMEN

El presente estudio es uno de los primeros esfuerzos de investigación, dirigido específicamente a machos adultos de *Chelonia agassizii*, en el cual se presentan los resultados de aspectos relacionados con parámetros de la población en Colola, Michoacán, durante la temporada 2004-2005.

El estudio se realizó en 30 eventos de muestreo, en aguas adyacentes a la playa de Colola. Se presenta el resultado de la estimación de abundancia poblacional de machos adultos de tortuga negra (*Chelonia agassizii*), calculado mediante el método de captura marcaje y recaptura múltiple de Schnabel (1938), con la captura de 68 individuos y tres recapturas, el resultado fue de 521 machos, con intervalos mínimo de 230, máximo 1148. En los 68 machos capturados se realizó la medición de 15 parámetros morfológicos, para caracterizar la población de machos, y compararlos morfométricamente con seis parámetros morfológicos obtenidos de 100 hembras. Las mediciones revelan la existencia de diferencias morfométricas sustanciales, en los seis parámetros morfométricos considerados, ya que los promedios de medidas de las hembras son significativamente mayores a los machos.

Utilizando la Frecuencia de Nidada Estimada (FNE), se calculó una población de 1511 hembras anadoras durante la temporada, y con el resultado de la estimación de la población de machos, se obtuvo la proporción sexual de 2.9: 1 (hembra-macho). Se obtuvo el radio sexual operativo con el registro 352 grupos y/o parejas de tortuga negra, 1,079 machos y 368 hembras en actividad reproductiva, que representa tres machos por una hembra (3:1), con rango 1 a 13 machos por hembra. La temporada en que se realizó el estudio, se dividió en tres periodos para obtener la distribución temporal. Definimos diez cuadrantes de 500 x 500 m, a lo largo de la playa para obtener la distribución espacial. Los registros fueron realizados mediante avistamientos desde una lancha con motor fuera de borda. El total fue de 2,377 individuos registrados incluyendo machos y hembras. En el primer periodo (15 sep-15 oct) se detectaron 725 individuos (30.5% del total); 1051 (44.29%) en el segundo



periodo (16oct-15nov); y en el tercer periodo de la temporada (16 nov-15 dic) se registró el mas bajo en actividad con solo 599 (25%). La distribución espacial se ajustó a una distribución binomial negativa; en el cuadrante número uno, al extremo Este de la playa, se obtuvo un valor de .027 varianza /media con 21 individuos registrados, incrementándose progresivamente hasta llegar al cuadrante 10 ubicado al extremo Oeste, presentó mayor agregación con un valor de .002 resultado de 606 individuos registrados.

### ABSTRACT

The present study was conducted with data collected from over 30 field visits in the Pacific Ocean beside Colola Beach throughout the 2004-2005 nesting season.

The study provides an estimation of the total adult male black turtle population (*Chelonia agassizii*) applying Schnabel's (1938) mark and multiple recapture method. Sixty-eight individuals were caught and three recaptured during the study, which resulted in a final estimate of approximately 521 males, with minimum intervals from 230 to 1148 maximum individuals. The study also collected 15 biometric variables of morphometric data from all 68 captured males and compared this with Figueroa's (1989) seven parameters based on data collected from 100 female black turtles. The data revealed significant sexual dimorphisms concluding that the female turtles on average measured greater in all examined parameters than the males. The population of female black turtles was also calculated at 1,511 during one season, applying the Nesting Frequency Estimate (FNE) developed by Arias (2000) to data from official nesting records (UMSNH, 2004, 2005). Together with the results of the male population estimate, the sexual proportion of 2.9 females to 1 male was obtained.

One obtained the operative sexual radius with the registry 352 of groups or pairs of black turtle, 1079 males and 368 females in reproductive activity that represents three males by a female (3:1), with rank 1 to 13 males by female.

The data was collected study was carried out during three distinct time periods. Ten 500 x 500 meter quadrants were defined, to obtain the temporary distribution and we

---

defined ten quadrants of 500 x 500, in front of the beach, to obtain the space distribution, the registries were made by means of sightings of individuals detected in the ten quadrants, from a boat with motor outside hut.

In total, 2,377 male and female turtles were registered; 725 individuals (30.5% of the total) in the first period (September 15 - October 15); 1051 (44.29%) in the second period (October 16 – November 15); and 599 (25%), the lowest activity, in the third period at the conclusion of the season (November 16 – December 15). These results reflect a negative a binomial spatial distribution. This of the beach, gave a value us of 027 with 21 individuals registered, being increased progressively until arriving at quadrant 10 located to the extreme West with the greater aggregation with value from 002 result of 606 registered individuals

## INTRODUCCIÓN

Las especies de tortuga marina han desarrollado a través de millones de años de evolución, adaptaciones morfológicas indispensables para sobrevivir en el medio marino (Márquez, 1990). Algunas de las principales adaptaciones son la pérdida de las articulaciones de las extremidades, las cuales se han modificado en forma de aleta para facilitar su desplazamiento (Meylan y Meylan, 2000), la modificación de las glándulas lacrimales para eliminar el exceso de sales de los fluidos corporales absorbidos del agua de mar, la modificación de la estructura y forma del caparazón en forma hidrodinámica y una importante reducción de material óseo (Gaffney y Meylan, 1988).

Actualmente sobreviven solo dos familias de tortugas marinas, Dermochelyidae y Cheloniidae, de cuatro que existieron (Toxochelyidae, Protostegidae, Cheloniidae y Dermochelyidae) (Musick y Lutz, 1997). La familia Dermochelyidae está representada solo por la especie *Dermochelys coriacea*, y la familia Cheloniidae por siete especies *Lepidochelys olivacea*, *Lepidochelys kempii*, *Eretmochelys imbricata*, *Caretta caretta*, *Natator depressa*, *Chelonia mydas* y *Chelonia agassizii* (Pritchard, 1983).

La tortuga negra fue descrita como especie por Bocourt en 1868, bajo la serie taxonómica No. 202103( [www.its.usda.gov](http://www.its.usda.gov)). Sin embargo, existe controversia respecto al número de especies de la familia Cheloniidae, ya que ciertos autores reconocen solo seis especies, mientras que otros reconocen a *Chelonia agassizii* como la séptima especie dentro del complejo *Chelonia*. Existe una población de *C. mydas* en el Pacífico oriental, en las Islas Galápagos, donde ocurre simpatria ocasional con *C. agassizii*, sin embargo, no se ha detectado ninguna interacción reproductiva entre ellas (Pritchard, 1983).

Otros autores indican que *C. agassizii* se diferencia de *C. mydas* en forma, tamaño y coloración del carapacho principalmente (Groombridge y Luxmoore, 1989;

Figuroa y Alvarado, 1991). Otras diferencias morfológicas entre *C. mydas* y *C. agassizii*, sugieren la existencia de mecanismos de aislamiento reproductivo (Figuroa, 1989). Sin embargo, para algunos autores, las diferencias morfológicas y barreras geográficas, no son suficiente argumento para la designación de *Chelonia agassizii* como especie independiente.

Estudios filogenéticos basados en el ácido desoxirribonucleico (ADN), utilizando herramientas moleculares, indican que no hay evidencias suficientes para asignar a *C. agassizii* el estatus de especie, independiente de *C. mydas* (Bowen et al., 1996; Karl et al., 1999; Chassin, 2002).

Al hacer un balance, de los argumentos a favor y en contra del estatus taxonómico de *Chelonia agassizii*, y con base al grado de divergencia morfológica y la probable existencia de mecanismos de aislamiento reproductivo, en este estudio nos referimos a *Chelonia agassizii* como especie independiente.

### **Estado actual de *Chelonia agassizii***

Las tortugas marinas representan un antiguo componente de la diversidad biológica; hasta los siglos XVIII y XIX eran muy abundantes en sus áreas de distribución (UICN/CSE, 2001), llegando algunas poblaciones a estar formadas por millones de individuos (Zwinenberg, 1976). Sin embargo, las nuevas presiones antropogénicas, han ocasionado una fuerte reducción en las poblaciones de casi todas las especies, debido a la sobre explotación comercial, captura accidental, destrucción del hábitat de alimentación, anidación y rutas de migración y su baja capacidad de adaptación a cambios y perturbaciones ambientales, que ha provocado que la mayoría de las especies se encuentren en peligro de extinción (UICN/CSE 1995). En las décadas de 1950 y 1960 la población de tortuga negra soportó una intensa captura por parte de los Seris y pescadores ribereños en Sonora México. La carne era secada, salada y vendida a un precio aproximado menor a 15 centavos de dólar por kilogramo (Felger et al., 1978). En el Pacífico, en las playas de Colola y Maruata, se ubica la zona más importante de reproducción y anidación de la tortuga negra. La población se mantuvo sin perturbaciones, ya que solamente indígenas de la región

mantuvieron un consumo regional, sin provocar cambios en estas poblaciones (Felger *et al.*, 1978). Alvarado y Delgado (2005), estiman que en los años 70s llegaban a desovar unas 25 mil hembras de tortuga negra a las playas de Michoacán para depositar sus huevos. En la actualidad su población ha sido casi destruida a causa de su matanza indiscriminada para satisfacer la demanda de sus productos y subproductos, hasta reducirse a menos de 500 hembras en la década de 90s (Alvarado y Figueroa, 1992). Actualmente, la población se encuentra en recuperación, gracias a las vedas y los programas de conservación aplicados en las principales playas de nidación de Michoacán. Se calcula que en las playas de Colola y Maruata desovan el 80% de la población mundial reproductiva de esta especie, lo que hace de estos, sitios clave para la conservación de esta especie (Delgado, 2002).

### **Descripción morfológica de *Chelonia agassizii***

**Carapacho:** forma acorazonada y con escotadura posterior en adultos; no aserrado; cuatro pares de escudos costales; cinco centrales y 11 marginales.

Longitud recta del carapacho (LRC) en hembras adultas 62 a 102 cm (Alvarado y Figueroa, 1990).

**Cabeza:** redondeada, de 11.45 a 13 cm de largo (Figueroa, 1989) un par de escamas prefrontales, y cuatro postorbitales.

**Extremidades:** aletas relativamente más largas que en otras poblaciones del complejo *C. mydas*; una uña en cada aleta.

**Coloración:** dorsalmente negras en las crías, permaneciendo obscura durante todo el ciclo vital, en adultos puede ser negro o con manchas verde olivo.

**Peso:** hasta unos 120 Kg con promedio de 70 Kg (Alvarado y Figueroa, 1990)

### **Distribución de *Chelonia agassizii***

Se distribuye en Océano Pacífico oriental, se pueden observar desde Columbia, Canadá hasta Coquimbo, Chile, pero son más comunes desde el Centro de la Península de Baja California hasta el Norte de Perú, con áreas de concentración importantes en las playas de Revillagigedo, Islas Galápagos, Colola y Maruata (Figura 1) (Marquez, 1996).



**Figura1. Distribución geográfica.** Los puntos rojos representan las principales playas de nidación .Los puntos negros sitios donde han sido detectadas.

**Situación:** se encuentra bajo protección las zonas de anidación y desove (D.O.F. 8 enero de 1986). Veda total para las especies y subespecies de tortugas marinas (D.O.F. 31 de mayo 1990). Se encuentran en peligro de extinción de acuerdo a los criterios de la NOM- 059-ECOL-2001; listada en el apéndice uno del CITES, y clasificada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en el Libro Rojo como especie en peligro de extinción (Groombridge, 1982) .

### ÁREA DE ESTUDIO

La costa de Michoacán, se extiende 210 Km de longitud, colindando con el estado de Guerrero al Sureste y el estado de Colima al Noroeste (Figura 4) (INEGI 2000). Zoogeográficamente su litoral se ubica dentro de la Provincia Panamíca, que se caracteriza por su fauna tropical. Durante el invierno presenta corrientes provenientes del Norte (Corriente de California y del Golfo de California) durante la primavera se presenta la corriente Norecuatorial, provenientes del Sur (Cromwell y Bennet, 1954, Wyrky, 1959 en Alarcón, 2002).

La franja costera muestra una sucesión de acantilados graníticos producto de la penetración de la Sierra Madre del Sur al Océano y pequeñas playas caracterizadas por su arena de grano relativamente grueso .5 mm, los minerales mas abundantes son la biotita magnetita y circón (Alarcón, 2002).

La playa Colola se localiza en las coordenadas 18°18' 38" Norte, 103°25' 50" Oeste; (Fig. 2) ubicados en la zona litoral del estado de Michoacán, es una playa abierta desprotegida de 4.8 Km de largo y una anchura promedio de 150 metros que corre en dirección Este – Oeste (Alvarado y Figueroa, 1989).

La costa Michoacana presenta un clima Aw o (w) g, que pertenece al mas seco de los subhúmedos de acuerdo a la clasificación de Köppen, con una precipitación anual de 600 a 800 mm en los meses de verano (julio a septiembre); la oscilación térmica anual varia entre 5° y 7° y una marcha de temperatura anual tipo Ganges (García, E. 1988).

Las corrientes que influyen en el área de estudio son la corriente ecuatorial del Norte circula hacia el Oeste en la latitud de 15° N por los vientos alisios, gira hacia el norte cerca de las Filipinas para convertirse en Corriente cálida, girando hacia el Este. La Corriente de las Aleutianas se divide al aproximarse a Norte América y forma la base de un giro en contra de las agujas del reloj en el mar de Bering, su brazo sur se convierte la lenta corriente de California, que fluye hacia el Sur. (Pickard *et al.*, 1999)



Figura 2. Mapa de localización del área de estudio

En el extremo Este de la playa se ubica la población de Colola, en frente se encuentra un afloramiento rocoso de aproximadamente 48 m de altura que divide la playa Colola (Fig. 3), con la playa "Xicuaza"( Fig. 4) al Oeste colinda con un acantilado rocoso de 82 metros, que divide la playa Ximapa de la playa Colola.



Figura 3. Playa Colola



Figura 4. Playa Xicuaza



---

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Estimar el tamaño de la población reproductora de machos reproductores de tortuga negra, caracterizarlos morfométricamente y hacer una comparación morfométrica entre estos y las hembras reproductoras.

### Objetivos particulares:

- Estimar el tamaño de población de machos adultos de tortuga negra en la zona de reproducción en la costa Michoacana
- Caracterizar morfométricamente los machos adultos
- Determinar diferencias morfométricas entre hembras y machos adultos
- Estimar el radio sexual de adultos reproductores
- Estimar el radio sexual operativo
- Conocer la distribución temporal y espacial de la población que se reproduce frente a la playa de Colola y playas adyacentes

## CAPITULO I. ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN

### INTRODUCCIÓN

Una población se define como un conjunto de individuos que comparten distribución geográfica, características morfológicas similares y con alta probabilidad de producción de descendencia fértil (Pianka, 1988).

Las poblaciones muestran diferentes atributos que se presentan en el conjunto de individuos que componen la población, de los que podemos mencionar la densidad, las tasas de natalidad, crecimiento, la distribución espacial, estructura de edades y tamaños, variabilidad genética, y cambios evolutivos de la población a través del tiempo (Lewontin, 1985).

### Parámetros poblacionales

La tortuga negra, al igual que todas las especies de tortugas marinas poseen ciclos de vida complejos, los cuales se rigen por procesos estacionales y espaciales definidos para cada especie en particular, en estos se acumulan procesos bióticos y abióticos que influyen en la historia de vida de la especie (Márquez, 1996).

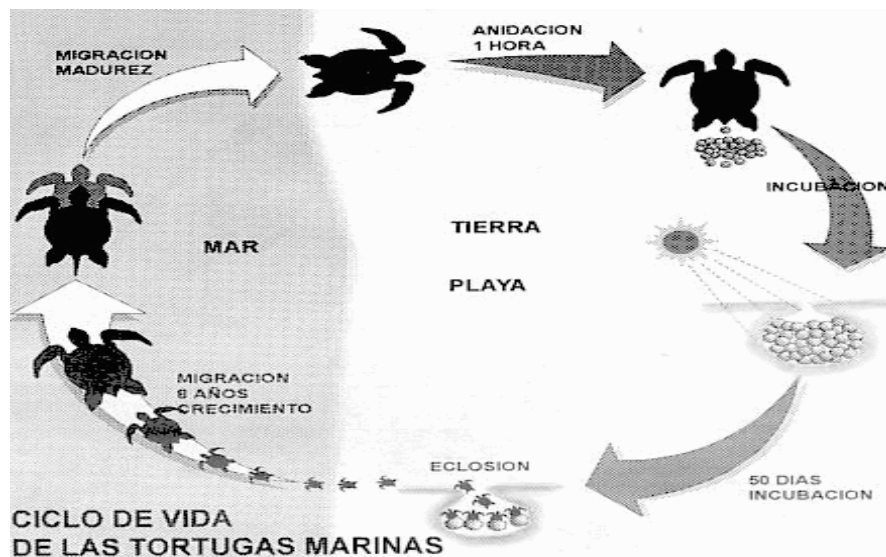


Figura 5. Ciclo de vida de las tortugas marinas

Dentro de los parámetros poblacionales se debe tener en cuenta que la viabilidad de una especie depende en gran medida del adecuado funcionamiento de los procesos reproductivos que garanticen los procesos evolutivos, por lo que es preciso diseñar proyectos de conservación, fundamentados en parámetros poblacionales esenciales (Lewontin, 1985).

Conocer dichos procesos y los factores que influyen de forma significativa sobre la población de *C. agassizii* que se reproduce en la playa de Colola y playas adyacentes es indispensable para su recuperación y manejo efectivo, ya que en estos sitios se concentra la parte de la población mas importante de la especie (Delgado, 2002).

Aunque se han realizado estudios sobre aspectos biológicos de gran importancia para la conservación y manejo de la tortuga negra, estos estudios se han enfocado principalmente a crías y hembras reproductoras, y pocos se han dirigido hacia la población de machos adultos. Existe un vacío de información y escasos puntos de referencia, que permitan hacer conjeturas en torno a las tendencias poblacionales de este importante segmento de la población reproductora.

El vacío de información que existe en torno a los machos, es debido al difícil acceso de los investigadores a las áreas donde estos se ubican, ya que a diferencia de las hembras, los machos pasan el 99% de su ciclo de vida en el mar (Lutz y Musick, 1997), lo que implica problemas logísticos y metodológicos que dificultan su investigación. Por otro lado, el factor temporal influye en su investigación, ya que los machos se encuentran agregados en zonas relativamente accesibles solo ciertas épocas del año (Villanueva, 1980).

En los 1960s y 1970s diversas cooperativas pesqueras de Michoacán capturaban de manera legal e ilegal tortugas cerca de las principales playas de anidación. Estos ejemplares se comercializaban con intermediarios de Sonora y Sinaloa para el consumo de carne (Alvarado y Figueroa 1987). Se estima que cerca de 1000 machos adultos de tortuga negra fueron capturados ilegalmente en Michoacán cada

año entre 1979 y 1982 (Cliffon *et al.*, 1982; Alvarado y Figueroa, 1987). Esta explotación hace suponer que el tamaño de la población de machos adultos fue afectada drásticamente, sesgando probablemente la proporción sexual de la población reproductora, lo que puede provocar efectos negativos en la variabilidad genética y estabilidad de la población.

## ANTECEDENTES

### Estimación de la población

El tamaño efectivo de una población se ve afectado por varios atributos que son características particulares de cada población, como proporción sexual y radio sexual operativo, estructura de edades y sistema de apareamiento entre otras (Chassin, 2002).

Existen diversos métodos para estimar el tamaño de una población dependiendo de las características biológicas de la especie, distribución, hábitat, nivel de estudio. Un método que se utiliza frecuentemente es el de captura, marcaje y recaptura, que implica capturar y marcar las tortugas de manera individual, y re-identificar posteriormente a cada individuo, lo que obliga el contacto directo del investigador con las poblaciones. Esto hace de este método una herramienta efectiva para obtener datos que revelen importantes parámetros poblacionales cuando se realiza bajo una buena planeación (Cormack, 1979).

En tortugas marinas el método de captura, marcaje y recaptura, se ha utilizado ampliamente en investigaciones sobre crecimiento, migraciones y dinámica poblacional, entre otras (Chaloupka y Musick, 1987; Alvarado y Murphy, 1999). De acuerdo con información de marcaje y recaptura en hembras se conocen las rutas de migración, rango de distribución e índices de abundancia en zonas de alimentación y las principales playas de nidación de *Chelonia agassizii*

No existe antecedentes sobre el número aproximado de la población de machos adultos que tiene actividad reproductiva en áreas adyacentes a las playas de

reproducción de tortuga negra, así mismo no encontré antecedentes metodológicos que se refiera a la estimación de poblaciones de machos de ninguna especie de tortuga marina.

No encontré en la literatura reportes sobre estimación de la población reproductora de machos en las ocho especies de tortuga. Las referencias sobre el tamaño de la población de machos reproductores se estima a partir del número de hembras estimada en una población dada y asumiendo un ratio sexual de 1:1. Este vacío de información de este importante segmento de la población reproductora en las tortugas marinas se debe principalmente a la dificultad de que implica su estudio en el mar y a las características particulares de su comportamiento reproductivo relacionadas con el cortejo y la cópula, que dificultan aun más este tipo de estudios.

Las características del área de reproducción frente a las playas de Colola y Maruata y el comportamiento particular de cortejo y cópula que exhibe tortuga negra durante la temporada de reproducción septiembre-febrero, ofrecen condiciones que facilitan la estimación de la población reproductora de machos de tortuga negra, por lo que este trabajo representa el primer intento en este sentido y espera contribuir de manera significativa en el entendimiento de la ecología y dinámica reproductiva de las tortugas marinas, principalmente de tortuga negra.

### **Características estacionales de reproducción**

Para el análisis poblacional es indispensable conocer si la especie tiene reproducción continua a lo largo de una temporada o se presenta solo por un periodo durante el año. Esto es importante para determinar cuando realizar una estimación (Manly, 1994). Para el caso de la población de *C. agassizii*, que se reproduce en Michoacán, se tienen identificados los periodos de máxima actividad reproductiva, que son durante los meses de septiembre a enero, presentando un pico máximo en los meses de octubre y noviembre (Alvarado y Figueroa, 1992)

---

## MÉTODOS

### Estimación de la población

La estimación del tamaño de la población de machos de tortuga negra, se realizó en aguas adyacentes a las playas de Colola, Xicuaza, Ximapa, El Motín del Oro y Playa la Llorona. Para ello, se utilizó el método de captura- marcaje- recaptura múltiple de Schnabel (1938).

### Criterio para la selección del método utilizado

Se utilizó un método que cumple con las características para una población cerrada bajo los siguientes criterios:

### Muestreo

- Supuestos del método de captura-marcaje y recaptura múltiple de Schnabel, 1938
  - El tamaño de la población permanece constante en el periodo de estudio
  - No hay migración ni inmigración durante el periodo de estudio
  - Todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser capturados al momento de tomar la muestra
  - No hay pérdida de marcas durante el periodo de estudio
  - Las marcas no afectan la capturabilidad de los individuos

### Factores que afectan el muestreo

- Disposición espacial
- Disposición temporal
- Conducta del muestreador
- Técnica de muestreo
- Respuesta conductual del animal

### Eventos de muestreo

Se realizaron 30 eventos de captura de machos que fueron marcados y liberados. Al final de los eventos de captura-marcaje-recaptura, se obtuvo el número de individuos capturados (C), el número de individuos marcados (M) y el número de individuos

recapturados (R). El resultado del tamaño de la población por el método de Schnabel se obtuvo con la siguiente fórmula (Krebs, 1999):

$$N = \frac{\sum (C_t M_t)}{\sum R_t}$$

Donde:

N = tamaño de la población

C = número de individuos capturados

M = número de individuos marcados

R = número de individuos recapturados

Intervalos de confianza a 95%

Las capturas se efectuaron con un equipo de trabajo integrado por cuatro personas, a bordo de una lancha de 25 pies, con motor fuera de borda, marca Mariner de 40 HP.

Se realizaron cuatro salidas preliminares para seleccionar la hora, sitio y técnica de captura, ajustándose a los supuestos del método de estimación empleado

- Primer salida. Se efectuó el 9 de septiembre, comenzando a las 08:30 horas, con un recorrido dirección Este a Oeste, saliendo desde la playa conocida como "Xicuaza" localizada al Este de la playa Colola, y finalizó el recorrido frente a la playa "La llorona" ubicada aproximadamente a 12 kilómetros a las 14.20 horas; el recorrido se realizó a una distancia de la playa de entre 100 y 300 metros mar adentro.
- Segunda salida. Se realizó el 10 de septiembre y se siguió la misma ruta de muestreo que en la primera. La hora de salida que se efectuó a las 10: 00 horas y terminó a las 16:10.
- Tercera salida. Se realizó el 11 de septiembre comenzando a las 10: 00 horas y recorrimos solo cinco kilómetros frente a la playa Colola, sin acercarnos más

de 100 metros a la playa.

- Cuarta salida preliminar se realizó el 12 de septiembre comenzando a partir de las 15:00 horas y concluyo a las 18:20 horas. El recorrido fue en dirección Este-Oeste desde la playa “Xicuaza” a la playa “El motín del Oro”.

En las cuatro salidas preliminares, se evaluaron tres diferentes técnicas de captura: 1) “Al brinco”, 2) Tendido de malla o red, y 3) “a nado”.

1.-Técnica “al brinco”o”rodeo”, que consiste en saltar desde la lancha en movimiento sobre los machos que se encuentran en actividades de cópula y cortejo (Limpus y Reed, 1985).

2.-La segunda técnica es una adaptación de la técnica propuesta por Llewellyn y Ogren. (1993), que consiste en tender una malla de 100 metros de longitud, siete metros de caída y de ocho pulgadas de apertura de nudo a nudo ( Fig. 6 ). La malla se tendió en un ángulo de 45º respecto a la línea de la playa, y se revisó a nado a todo lo largo, cada 15 minutos, con la finalidad de detectar y capturar a los individuos y evitar la muerte por ahogamiento tanto de machos como de hembras.



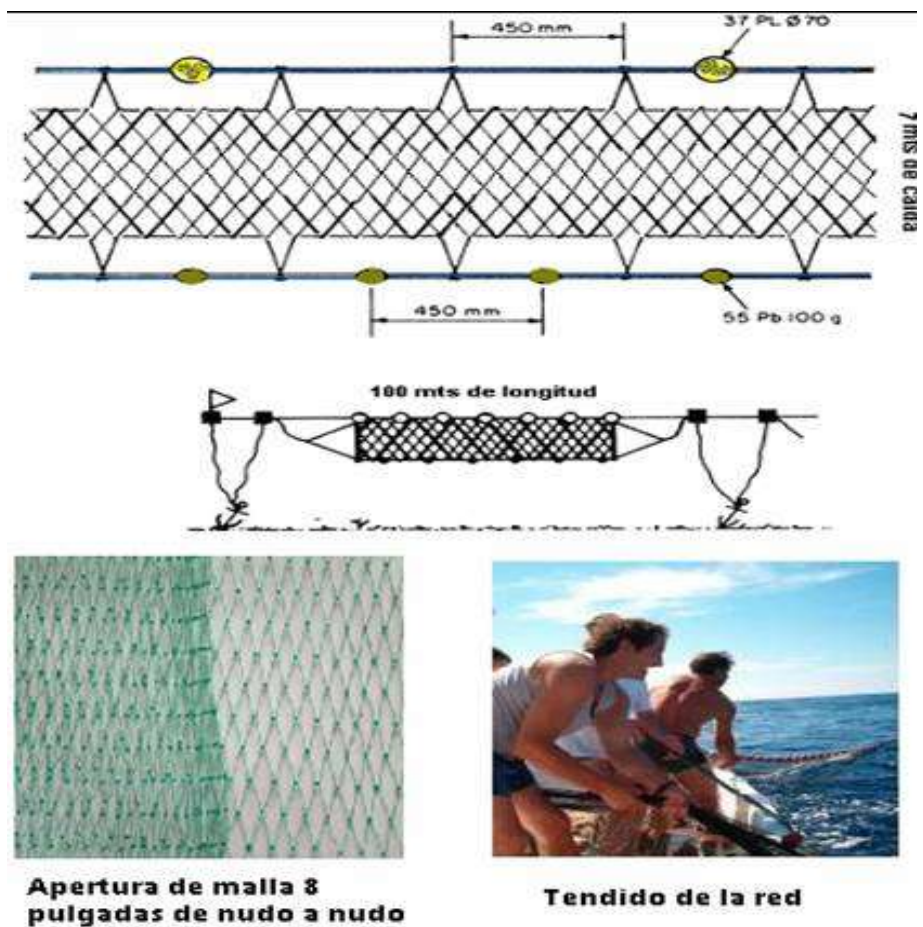


Figura 6. Medidas y tendido de la red

3.-La tercera técnica de captura “a nado” consiste en: 1) Acercarse dos personas nadando con la ayuda de aletas y visor, desde la lancha anclada a 50 metros aproximadamente de los machos, 2) el primero del equipo se sumerge diez metros aproximadamente, antes de llegar a donde se encuentran los individuos, 3) el mismo llega nadando bajo el grupo de individuos que se encuentran en actividad reproductiva, 4) emerge justo donde se encuentra el grupo, 5) captura el macho mas cercano, 6) el segundo del equipo, llega a auxiliar, para sostener y llevar el macho capturado a la lancha

### Registro y marcaje de machos

Los machos capturados se marcaron con marcas de acero monel, en ambas aletas posteriores, se les aplicaron doble marca con la finalidad de disminuir la perdida de marcas. De igual forma, se pintó sobre el carapacho el número consecutivo de

captura, en color negro (pintura primaria anticorrosiva, marca Prissa de resina natural y base de alquitrán de hulla, resistente a la corrosión del agua de mar, y con bajas cantidades de plomo y otros contaminantes tóxicos). El color negro de la pintura fue seleccionado con la finalidad de que el número sobre el carapacho tuviese la menor influencia posible sobre el individuo marcado, y finalmente se realizó un registro fotográfico de cada uno de los machos, para facilitar la identificación a distancia.

Se registró fecha, hora, condiciones del mar, cuadrante, distancia aproximada de la playa, actividad del macho capturado, número de individuos cercanos al macho capturado, clave de las marcas aplicadas, número de individuo, y registro de captura o recaptura (anexo 1)

## **RESULTADOS**

### **Salidas preliminares**

Basándonos en la cantidad de individuos observados en tiempo y espacio, se seleccionó como área de estudio las aguas colindantes a la playa Colola y subunidades de muestreo las playas “Xicuaza”, “Ximapa” y “El Motín del Oro”. El horario que dio mejores resultados en los muestreos fue de las 11:00 a 15:00 horas, periodo que coincide con las observaciones de Armas (2002) que menciona que la mayoría de los apareamientos ocurren de 7:00 a 15:59 horas

### **Evaluación de técnicas de captura**

Del 24 de septiembre al 15 de diciembre se llevaron a cabo 30 eventos de muestreo, en los que se capturaron 68 individuos y se compararon las tres técnicas de captura utilizadas y basándome en los resultados obtenidos, las ventajas y desventajas que diferenciaron las tres técnicas fueron:

- Captura “al brinco” generalmente las capturas son dirigidas a individuos que se encuentran apareándose y es poco probable la captura de machos satélite o acompañantes lo cual representaba selectividad en el muestreo lo que tenía como efecto ausencia de aleatoriedad.

- Adaptación de la técnica de Llewellyn y Ogren (1993) no presentó problemas de selectividad en los muestreos, sin embargo requirió alta inversión de tiempo, se lograron dos capturas, un macho y una hembra, los cuales fueron liberados de la red, sin llevarlos a la lancha para analizar, ya que el efecto de la red y la excesiva manipulación al desenredarlos, ejercía un efecto de estrés muy notable, concluyendo que no es conveniente para capturas en mar abierto y con profundidades superiores a la medida de caída de la red (7 m).
- La técnica “a nado”, resulto efectiva respecto a la aleatoriedad de las capturas, ya que todas las tortugas que se encontraban en actividad reproductiva, tanto en cortejo, en combate, acompañantes o copulando, tenían la misma posibilidad de captura, además permite mayor capacidad de desplazamiento de un punto a otro.

### **Abundancia poblacional de machos adultos**

En los 30 muestreos, capturé (C) y marqué (M) 68 individuos, y recapturé (R) tres (cuadro 1). Estos datos fueron utilizados para estimar el tamaño de la población con los métodos de captura y recaptura de Schnabel (1938), con el programa Ecological Methodology versión 5.1, analizado con un nivel de confianza del 95%.

El 21 de octubre, en el muestreo número 12, se logró la primera recaptura, fue el macho número 17, con marcas LT-020 y LT-021; la segunda recaptura fue el 10 de noviembre en el muestreo 19, se recapturó el macho número 10, con marcas LT-033 y LT-031 y finalmente la tercera recaptura se obtuvo el 14 de noviembre, en el muestreo 20, en la cual se recapturó el macho número 31, con marcas LT-060 y LT-062. Los machos recapturados, presentaban múltiples heridas en aletas y cabeza, resultado de mordidas durante el cortejo y la cópula.

Cuadro 1. Eventos de captura y recaptura

Fecha	N	Ct	rt	mt	M m	Ctxmt
24-SEP-2004	1	1	0	1	0	0
29-SEP- 2004	2	1	0	1	1	1
05-OCT- 2004	3	1	0	2	2	4
07-OCT- 2004	4	1	0	3	3	6
08-OCT- 2004	5	1	0	1	4	4
10-OCT- 2004	6	2	0	2	6	12
11-OCT- 2004	7	1	0	1	7	7
12-OCT- 2004	8	3	0	3	10	30
14-OCT- 2004	9	1	0	1	11	11
15-OCT- 2004	10	1	0	1	12	12
18-OCT- 2004	11	3	0	3	15	45
21-OCT- 2004	12	3	1	2	17	34
24-OCT- 2004	13	2	0	2	19	38
26-OCT- 2004	14	2	0	2	21	42
28-OCT- 2004	15	1	0	3	24	72
30-OCT- 2004	16	3	0	3	28	84
01-NOV- 2004	17	4	0	4	32	128
04-NOV- 2004	18	5	0	5	36	180
10-NOV- 2004	19	8	1	7	43	301
14-NOV- 2004	20	6	1	5	48	240
15-NOV- 2004	21	4	0	4	52	208
17-NOV- 2004	22	2	0	2	54	108
19-NOV- 2004	23	2	0	3	57	171
23-NOV- 2004	24	1	0	1	58	58
27-NOV- 2004	25	1	0	1	59	59
30-NOV- 2004	26	1	0	1	60	60
05-DIC- 2004	27	1	0	1	61	61
09-DIC- 2004	28	2	0	2	63	126
14-DIC- 2004	29	3	0	3	66	198
15-DIC- 2004	30	1	0	1	67	67
		<b>68</b>	<b>3</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>2367</b>

De acuerdo con el método de Schnabel la estimación del tamaño poblacional de machos reproductores en la zona fue de 521 individuos, con intervalos de confianza 95% de 230 a 1148 individuos.

**Cuadro 2. Resultado método de Schnabel (1938)**

Método	Abundancia relativa	Limites de confianza superior 95% de confianza	Limite de confianza inferior 95% de confianza
Schnabel	521	1148	230

## DISCUSIÓN

### Sitios de capturas

La mayoría de las capturas se ocurrieron frente la playa Colola, principalmente en la sección Oeste de la playa donde se detectó mayor actividad reproductiva. Dos capturas ocurrieron frente a la playa Motín del Oro, 5.3 km al Oeste de playa Colola. En los recorridos realizados a las playas ubicadas al este de playa Colola, hasta playa Maruata viejo, no detectamos ningún individuo.

El éxito de las capturas dependió del número de individuos detectados, así como la actividad que realizaban al ser detectados, ya que existen ciertas ventajas que facilitan la captura cuando un macho se encuentra montado sobre la hembra, esto debido a que durante la copula, el macho se concentra en permanecer sobre ella. A su vez, los machos satélites o acompañantes también presentan cierta vulnerabilidad a ser capturados pues estos se enfocan su atención a interferir la copula, tratando de desprender al macho montado lo que nos permitió acercarnos con cierta facilidad a ellos para realizar las capturas.

### **Estimación de la abundancia poblacional**

Se estimó un total de 521 individuos, con el método de Schnabel (1938), se capturaron y marcaron un total de 68 machos adultos de tortuga negra, de los cuales se recapturaron tres, para sumar un total de 71 capturas.

En los eventos de muestreo existió consistencia respecto a la captura machos, la media de captura fue de 2.26 individuos por evento, con un máximo de ocho y un mínimo de uno. Los tres individuos recapturados fueron detectados copulando, y fueron identificados por los números consecutivos pintados sobre el caparazón, se capturaron y se verificó la existencia de las marcas de acero monel que se aplicaron en las aletas posteriores.

El número de recapturas fue muy bajo en proporción a los individuos marcados, los límites de confianza obtenidos presentan intervalos de 1,148 - 230 individuos, entre estos dos valores se encuentra la población estimada, estos valores pueden sugerir un rango amplio en el que se puede encontrar el tamaño de la población real, lo cual sugiere que el valor de la población estimada, se deba al bajo número de recapturas. Sin embargo, este resultado se puede tomar como una base para hacer cálculos sobre el tamaño y monitoreo de la población reproductora de machos de tortuga negra, así como en la aplicación y mejoramiento de técnicas de captura y métodos de estimación poblacional para tortugas marinas, bajo circunstancias semejantes

### **Revisión de los supuestos del método de Schnabel (1938)**

Se hizo un análisis de la metodología de captura empleada, y basándome en los hábitos y características del comportamiento reproductivo, para asegurar que los supuestos que garantizan la confianza de los resultados, no fueran violados.

1. La población es cerrada durante el periodo de muestreo, ya que un macho puede aumentar su éxito reproductivo encontrando y fertilizando muchas hembras diferentes, por lo tanto, los machos permanecen en áreas donde existe la posibilidad de fecundar la mayor cantidad de hembras (Trivers, 1972). En *Chelonia agassizii* ocurre paternidad múltiple (Chassin, 2002; Broderick, *et al.* 2003), lo que sugiere que los machos compiten a lo largo de la temporada y permanecen el mayor tiempo

posible con la finalidad de asegurar la transferencia de sus genes. Por esta razón, además de observaciones directas de machos reproductores frente a la playa de Colola, se puede suponer que el tamaño poblacional de machos reproductores no fluctúa a lo largo de la temporada de reproducción. Sin embargo, los métodos de captura utilizados tienen como elemento importante la detección y captura de machos durante el acto de cortejo y apareamiento, la cantidad de individuos perceptibles y con posibilidad de ser capturados, se ve afectada en consecuencia a la disponibilidad y cantidad de hembras receptivas, las cuales incrementan significativamente en cantidad en el mes de noviembre, lo que repercute también en la cantidad de machos detectables.

2. existe aleatoriedad en las capturas (todos los machos tienen la misma posibilidad de ser capturados).

En *Chelonia agassizii* durante las actividades de cortejo y apareamiento se han descrito formaciones de grupos de hasta 20 machos satélite o acompañantes (Armas 2002). En el presente estudio se detectaron hasta nueve machos por hembra. Al encontrarse enfocados en competencia intrasexual existe igual posibilidad de ser capturados tanto los machos copulando como los machos satélites, sin embargo siempre existe cierta ventaja de capturar más fácilmente al macho que se encuentra copulando.

3. No existe pérdida de marcas.

Se aplicó a los machos doble marca de acero monel en las aletas posteriores, se marcaron con número consecutivo con pintura indeleble y se registraron fotográficamente, no se detectó pérdida de marcas en los individuos recapturados.

4. Todas las marcas son observadas y reportadas.

Los métodos de captura y remarcaje, tienen una limitante, por que para tener una buena estimación se requiere marcar una proporción importante de la población, lo cual incrementa el costo especialmente cuando se trabaja con animales en medio acuático y con gran capacidad de movimiento.

---

## CAPITULO II MORFOMETRIA

### INTRODUCCIÓN

El tamaño y forma del cuerpo es la característica más conspicua y fundamental en la historia de vida de un organismo, refleja características evolutivas que intervienen en el éxito de la especie, poblaciones e individuos, además de ser un importante indicador de las adaptaciones morfológicas de una especie a su medio ambiente. En un sentido concreto las características físicas de los individuos influyen en la estructura de una población, intervienen y mantienen su balance en aspectos como alimentación, crecimiento, asociación, reproducción, interacciones intraespecíficas, etc. Esto a u vez influye en la distribución a escala local y regional, que a largo plazo se ve reflejado en procesos evolutivos y facilitan la variación en la diversidad y especiación (Ricklefs y Schluter, 1993)

Los diferentes fenotipos constituyen la diversidad morfológica o fenética dentro de una especie. Muchas características morfológicas pueden influir directamente en la variación de historias de vida de los organismos y en algunos casos pueden relacionarse directamente con su adaptación. La variación morfológica observada puede separarse en sus componentes ambientales y genéticos (Mallet, 1996).

Todas las especies de tortuga marina han evolucionado de un ancestro común (Márquez 1990), por lo que las adaptaciones físicas al medio ambiente son semejantes en todas las especies; solo algunas características externas distinguen una especie de otra, como son el tamaño, coloración, conformación y numero de placas y escamas entre otras.

Se han realizado diversos estudios para describir morfométricamente, a *C. agassizii*. Sin embargo las descripciones se han hecho casi en la totalidad de hembras adultas y crías recién eclosionadas, quedando un tanto rezagado el conocimiento de las características morfométricas de machos adultos. En parte, este vacío de información de debe a las dificultades que implica obtener esta información debido a que los machos permanecen todo el tiempo en el mar a partir de su emergencia



como crías, y su aparición en la playa es de manera accidental, a causa de una marejada, o bien en capturas ilegales o incidentales (Figueroa, 1989)

Caracterizar morfometría de los machos de *C. agassizii* es indispensable para conocer el grado de dimorfismo sexual que influye en la reproducción de la población de machos y hembras que interactúa frente a la playa de Colola Michoacán y aguas adyacentes.

### **Dimorfismo sexual**

En especies cuyos sexos están separados, los machos difieren de las hembras por la presencia de distintos órganos de reproducción, que constituyen los caracteres sexuales primarios. Además las diferencias entre los sexos en mucha especies difieren en lo que se ha llamado caracteres sexuales secundarios, los cuales no están directamente relacionados con el acto de reproducción, pero si con la competencia intrasexual y la selección del macho por parte de la hembra (Darwin, 1871).

El dimorfismo sexual ocurre en una gran variedad de animales, presentando diferencias físicas notables en los machos y que hacen evidente la evolución de ciertos caracteres específicos que distinguen y diferencian un macho de otro haciéndolo más exitoso reproductivamente (Charnov, 1982; Policansky, 1982). La teoría de la evolución sugiere que el dimorfismo sexual es favorecido cuando en los sucesos reproductivos se presentan diferencias de tamaño entre macho y hembra (Gardner *et al.*, 2005).

El dimorfismo sexual tiene influencia en el desarrollo y resultado de la competencia por la reproducción, se habla entonces de que las asimetrías (diferencias en los rasgos) entre los contendientes condicionan el resultado de la lucha. De igual forma los machos de tortuga marina desarrollan características sexuales secundarias como el largo de la cola, uña al final de la cola, la morfología del caparazón, presencia de grandes uñas en las cuatro aletas. La característica sexual secundaria más obvia es la larga y musculosa cola prensil que se extiende fuera del caparazón en machos adultos (Wibbels, 2000), la cual puede ser un indicativo del sexo en machos a medida que están cerca de la madurez sexual (Limpus, 1985).

Se conoce que existen diferencias morfométricas entre machos y hembras de *C. agassizii*, siendo la más evidente la cola larga y gruesa de los machos, que se extiende más allá del margen posterior del caparazón; el plastrón es más flexible y cóncavo que en la hembra, así mismo el macho tiene uñas mas largas que se utilizan para aferrarse en la hembra durante el apareamiento (Figueroa, 1989) por lo que se puede suponer que existe una fuerza evolutiva, reflejada en un dimorfismo sexual, que tiene alguna influencia en el éxito reproductivo.

Las diferencias morfométricas existentes entre los machos y hembras de *C. agassizii*, pueden estar condicionados por la función reproductiva, puesto que la hembra presenta mayor volumen corporal relacionado con la producción y desarrollo de hasta cientos de huevos (Figueroa, 1989). Sin embargo, no se conoce con certeza la magnitud de esta variación y la influencia que tiene sobre la selección y el éxito reproductivo, también se desconoce si alguna de las características físicas favorece la competencia intersexual, según sea el mecanismo de selección de esta especie.

## ANTECEDENTES

### **Caracterización morfométrica de machos adultos de *Chelonia agassizii***

En tortuga marina el tamaño varía entre especies, y en algunos casos entre poblaciones (Hirt, 1980).

El tamaño de las tortugas marinas puede ser el resultado de factores tanto bióticos como abióticos, tales como la condición de los progenitores (Roosenburg y Kelley, 1996), condiciones de incubación y recursos alimenticios durante el crecimiento (Avery *et al.*, 1993).

El principal rasgo morfométrico que se toma como referencia para las descripciones, es el tamaño del caparazón y se ha utilizado para establecer diferentes parámetros como tasas de crecimiento, relación entre el tamaño y la fecundidad, entre otros (Dodd, 1988).

Los métodos de medición se basan principalmente en los propuestos por Fraizer (1983), y Pritchard *et al.*, (1983) y se toman en cuenta ocho caracteres principales: Largo Recto de Carapacho (LRC), Largo Curvo de Carapacho (LCC), Ancho Recto

de Carapacho (ARC), Ancho Curvo de Carapacho (ACC), Largo del Plastrón (LP), largo de la escama infra-anal, Ancho de la Cabeza y Altura del Cuerpo (AC). Para realizar estas mediciones se utiliza una regla metálica cinta métrica flexible y un calibrador o pie de rey (Figueroa, 1989). Así mismo, se han utilizado caracteres merísticos propuestos por Zangerl (1968) basados en el número, lugar y orientación en que se encuentran los escudos del carapacho y las escamas prefrontales en la cabeza.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, existe poca información respecto a la morfometría de machos adultos y la información disponible esta referida a breves descripciones de machos capturados incidentalmente por embarcaciones pesqueras y unos pocos capturados con fines de investigación, pero sin llegar a realizarse estudio específicos y detallados. Por medio de captura marcaje y recaptura en zonas de alimentación en aguas de Baja California Sur, Seminoff *et al.*, (2002), encontraron un promedio de tallas de machos del LRC,  $75.6 \pm 9.5$  cm (rango = 58.6 - 93.8 cm) calculando un crecimiento promedio de 1.5 cm al año promedio, observando que la tasa de crecimiento no es el mismo para todas las tallas, esta disminuye en adultos.

Mariscal (2002), analizó la estructura de tallas de *Chelonia mydas* del Pacífico = *Chelonia agassizii*, en seis sitios de monitoreo en el Golfo de California y costas del pacífico de Baja California. Estos sitios son usados como zonas de forrajeo, en donde obtuvo que la mayor proporción de organismos capturados juveniles y subadultos miden menos de los 75 cm LRC y las tortugas son adultas por arriba de los 75 cm de LRC. Sin embargo en dicho estudio no se diferencio sexo, por lo que se tomaron medidas de individuos machos y hembras sin distinción.

Solo encontré un estudio antecedente dirigido a describir morfométricamente los machos de tortuga *C. agassizii*, Figueroa (1989), describe ocho caracteres morfométricos resultado de la medición de 32 machos adultos, capturados en el periodo de 1985 a 1988 (cuadro 3).

**Cuadro 3. Medidas de tendencia central de 32 machos adultos** (Figueroa, 1989)

	LRC	ARC	LP	EIA	AC	ALC	LCC	ACC
MIN	68.50	50.50	40.00	1.00	10.00	21.50	71.60	66.60
MAX	79.50	75.50	62.30	5.10	12.00	26.00	85.00	82.00
MEDIA	74.32	56.19	57.30	2.04	10.76	23.75	77.50	73.33
VARIANZA	8.57	17.94	8.53	1.28	.23	2.06	12.36	12.37
DES ST	2.92	4.23	2.92	1.13	.47	1.43	3.51	3.51

CLAVES: Largo recto del carapacho (LRC); Ancho recto del carapacho (ARC); Longitud del plastrón (LP); Longitud de la escama infla-anal (EIA); Ancho de la cabeza (AC) Altura del cuerpo- (ALC); Largo curvo del carapacho (LCC); Ancho recto del carapacho (ACC).

Sin embargo, este autor consideró que la información de 32 individuos era insuficiente para analizarla de manera inferencial, por lo que solo se mostraron resultados preliminares descriptivos. La comparación de las medias de ocho caracteres entre machos y hembras mostró que las tallas de las hembras son ligeramente más grandes que las medidas de los machos. El mismo autor concluye, que es necesario continuar con análisis que nos permitan conocer de manera mas profunda las características morfométricas de los machos de esta especie.

### **Dimorfismo sexual**

La evolución del dimorfismo sexual fue una de las primeras teorías explicadas por Darwin (1871). En la mayoría de los grupos animales el dimorfismo sexual es un fenómeno común. Generalmente en los vertebrados los machos constituyen típicamente el sexo más grande (Vidal, 2002). Se han propuesto varios mecanismos proximales para explicar dimorfismo sexual, tal como mortalidad diferenciada de los sexos. Sin embargo, la selección natural o sexual sigue siendo el mecanismos que explica el dimorfismo sexual (Anderson, 1994)

Por otra parte, la aparición de dimorfismo sexual en caracteres sexuales secundarios puede ligarse a diferencias en las presiones selectivas resultado de la ecología específica de cada sexo (Slatkin, 1984).

Además de asimetrías morfológicas, existen también otros factores que influyen en el éxito reproductivo de los machos, como el grado de motivación de cada animal. Así, por ejemplo, animales que llevan más tiempo sin pareja pueden estar más motivados para pelear por el acceso a un ejemplar del otro sexo. Otro tipo de asimetría está relacionada con la experiencia del animal: aquellos que hayan pasado por un mayor número de encuentros agresivos pueden tener ventaja en una siguiente pelea, sobre todo si previamente han sido vencedores (Krebs y Davies, 1993)

En tortugas marinas el sexo se puede identificar cuando son subadultas y adultas manifestándose el dimorfismo sexual con el crecimiento de la cola que es evidentemente mayor en el macho, crecimiento de uñas en las aletas posteriores y ablandamiento del plastrón (Alvarado y Delgado, 2005). Así mismo, Hirt (1997) menciona que en *Chelonia mydas*, la talla de madurez sexual es de 70 - 100 cm y aparentemente esta medida es similar para machos y hembras

En los machos de *Chelonia agassizii*, la presencia de una cola mas larga que sale mas allá de caparazón, uñas largas y curvas para aferrarse de la hembra y el plastrón mas flexible son también algunos indicativos (Mac Farland, 1984).

Márquez (1995), realizó un estudio comparativo entre machos y hembras de la tortuga *Kinosternon scorpioides* en la cual encontró diferencias significativas en las cuatro variables obtenidas (Largo y Ancho de Carapacho, Largo Recto y biomasa en gramos); en las cuatro variables, el investigador encontró mayor tamaño y peso de 15 hembras en comparación de nueve machos. Concluyó que presentan dimorfismo sexual, principalmente el notablemente largo de la cola del macho, peto más blando y cóncavo, menor tamaño y mas largo en proporción a lo ancho.

Pritchard (1979), Realizó una descripción del dimorfismo sexual en la tortuga acuática de *Malaclemys* encontrando que existe dimorfismo sexual importante de tamaño; los machos tienen una longitud del carapacho de 120 mm; y las hembras cerca de 160 mm. Así mismo los machos tienen proporcionalmente cabeza más grande que las hembras.

Chen y Lue (2002), basándose en estudios de captura marcaje y recaptura mencionan que no existe una clara variación en la tasa de crecimiento entre hembras y machos de la tortuga *Coura flavomarginata*, sin embargo las hembras presentaron un tamaño superior que los machos, en edades similares

Godley *et al.*, (2002), realizaron un análisis para determinar si existe dimorfismo sexual en *Chelonia mydas*. Con las medidas del Largo Curvo de Carapacho de ejemplares de 12 poblaciones, incluyendo información de 17 individuos de Michoacán, obtenidas y proporcionadas por Rostal *et al.*, (1995). Obtuvieron mediante análisis de regresión, que en el total de los individuos comparados existió una clara consistencia del patrón de dimorfismo sexual, siendo mas pequeños los machos que las hembras (macho LCC = 0.944 hembra LCC – 1.0,  $r^2 = 0.95$   $F_{1, 10} = 198.6$ ,  $p < 0.001$ ). para explicar el tamaño superior de la hembra plantearon cinco hipótesis: 1) el esfuerzo reproductivo (Hirth, 1997); 2) diferencias y territorialidad en sitios la alimentación (Carr *et al.*, 1974); 3) dominancia de la hembra; 4) selección intrasexual (Booth y Peters, 1972); 5) Alimentación suplementaria por parte de las hembras (Limpus, 1993).

## MÉTODOS

### **Caracterización morfométrica de machos reproductores**

La caracterización morfométrica de la población de machos reproductores de tortuga negra, se obtuvo a través de la medición de 14 variables morfométricas y peso de 68 machos de *Chelonia agassizii* en las playas de Colola, Ximapa, Xicuaza y Motín del oro. Los individuos fueron capturados entre los meses de septiembre a diciembre de 2004. Las capturas se realizaron mediante los métodos y técnicas mencionadas en el capítulo I. La información obtenida se documentó en la hoja de registro de “caracterización morfométrica” (anexo 2).

La descripción morfométrica de machos de *Chelonia agassizii* se basó en los criterios de medición propuestos por Pritchard *et al.*, (1983).

- Longitud Recta de Carapacho (LRC): se midió con un vernier, desde el borde anterior del carapacho al extremo de los escudos supracaudales (siempre del mismo lado del carapacho).
- Ancho Recto de Carapacho (ARC): se midió con un vernier, del punto más amplio del carapacho a la altura de la segunda fila de placas, partiendo de la placa
- Longitud Total de Cola (LTC): se midió con cinta métrica flexible, desde la mitad del margen posterior del plastrón al final de la cola, siguiendo la curvatura de ésta.
- Longitud de Aletas Anteriores (LAA): se midió con cinta métrica flexible, desde la base de la aleta anterior, hasta su parte más larga.
- Longitud de Aletas Posteriores (LAP): se midió con cinta métrica flexible, desde la base de la aleta posterior, hasta su parte más larga.
- Longitud de la Uña Anterior (LUA): se midió con un vernier de 20 centímetros, desde la base de la uña posterior hasta su parte mas larga.
- Longitud de la Uña Posterior (LUP:) se midió con un vernier de 20 centímetros, desde la base de la uña anterior, hasta su parte mas larga.
- Ancho de la Cabeza (AC): se midió con un vernier de 20 centímetros, desde la mayor distancia perpendicular, al eje largo de la cabeza a la altura de las escamas postorbitales.
- Largo de la Cabeza (LC): se midió con un vernier de 20 centímetros, desde la desde el borde anterior de la escama nasal (punta del pico), hasta el borde posterior de las escamas parietales.
- Longitud del Plastrón (LP): se midió con una cinta métrica flexible de 1.5 metros, desde la escama gular, hasta la escama infraanal.
- Ancho del Plastrón (AP): se midió con una cinta métrica flexible, de un extremo a otro de las escamas marginales mas distantes, a la misma altura de ACC
- Alto (ALTO): se midió con vernier de 150 cm, desde la mayor distancia que hay entre los planos más extremos y paralelos del plastrón y el carapacho, colocando el individuo sobre su costado.

- Ancho Recto de Carapacho (ARC): se midió un vernier de 1.5 metros, desde la mayor distancia del eje perpendicular, con el largo del cuerpo entre los bordes laterales y las escamas marginales, sobre la parte mas ancha del caparazón a la misma altura de ACC y AP
- Largo Curvo de Carapacho (LCC): se midió con cinta métrica flexible, desde el escudo gular hasta el infraanal del carapacho.
- Peso (PESO): se calculo utilizando una balanza "ROMANA" Con capacidad de 230 Kg, y un arnés de cuerda de 30 gramos, cuyo peso fue restado al terminar la operación.

### Dimorfismo sexual

Se realizo una comparación entre machos y hembras, de siete variables morfométricas, las medidas de las hembras fueron obtenidas de la base de datos de 100 hembras de los datos obtenidos por Figueroa (1989).

Para el análisis comparativo, se tomaron las siete variables que coincidieron con las de las hembras (cuadro 4), de las 15 que se obtuvieron de la medición de los machos. Así mismo se tomaron en cuenta solo los valores de 68 hembras. Ambos ajustes se hicieron para estandarizar las variables y el número de individuos comparados.

Cuadro 4. Variables comparadas entre machos y hembras de *Chelonia agassizii*

VARIABLE	CLAVE
Largo recto del carapacho	LRC
Ancho recto del carapacho	ARC
Longitud del plastrón	LP
Ancho de la cabeza	AC
Altura del cuerpo	ALC
Largo curvo del carapacho	LCC
Ancho recto del carapacho	ACC



El análisis estadístico de las variables métricas correspondientes a cada sexo se realizó inicialmente mediante estadística descriptiva; para evaluar la existencia de diferencias en los valores promedios, posteriormente los datos de ambos sexos fueron agrupados independientemente en pares de similar variable, posteriormente se realizó la prueba de t-student con muestras pareadas para contrastar si las diferencias son significativas para este análisis se utilizó el paquete SPSS; finalmente se realizó un análisis de componentes principales, para identificar cuáles son las variables que se relacionan de forma independiente, utilizando el programa JMP Versión 3.2.2.

## RESULTADOS

### **Caracterización morfométrica de machos reproductores de *C. agassizii***

El carácter que presentó mayor variación fue el peso con una media de  $45.7 \pm$  ds  $6.5$  kg (rango = 30-61, CV 14.22) y en el largo del plastrón (LP) con media de  $45.2 \pm$  ds  $6.8$  cm (rango 66-43, CV 15). A su vez el carácter que presentó menor variación fue la longitud recta de carapacho (LRC) donde se obtuvo un promedio de  $71.1 \pm$  cm ds  $3.4$ cm (79.1-56, CV 4.9)

El porcentaje acumulado del CV en las 15 variables morfométricas fue 8.9%, este valor que refleja la existencia de poca variación en los caracteres medidos, considerando que se están caracterizando ejemplares de una especie de lento crecimiento que puede mostrar rangos muy amplios en valores de las medidas. La varianza observada y la estimación de los promedios del resto de los quince caracteres morfológicos examinados se presentan en el cuadro 5.

**Cuadro 5. Medidas de tendencia central de 15 variables morfométricas de machos adultos de *C. agassizii***

VARIABLES	Clave	MAX	MIN	MEDIA	DESVEST	CV	MODA
Longitud recta de carapacho	LRC	79.1cm	65cm	71.9cm	3.4cm	4.7	69cm
Ancho recto de carapacho	ARC	75cm	50cm	54.9cm	4.3cm	7.8	55cm
Longitud total de cola	LTC	56cm	31cm	42cm	2.9cm	6	42cm
Longitud de aletas anteriores	LAA	61cm	44cm	51cm	3.6cm	7	52cm
Longitud de aletas posteriores	LAP	43cm	21.8cm	29.8cm	3.9cm	13.4	28cm
Longitud de las uñas anteriores	LUA	3cm	1.7cm	1.8cm	.21cm	11.6	2.1cm
Longitud de las uñas posteriores	LUP	1.8cm	.9cm	1.03cm	.15cm	8.3	1cm
Ancho cabeza	AC	12cm	8.9cm	9.5cm	1.2cm	12.6	10.5cm
Largo cabeza	LC	17cm	13.6cm	15.3cm	.8cm	5	15cm
Largo plastrón	LP	66cm	43cm	45.2cm	6.8cm	15	50cm
Ancho plastrón	AP	73cm	50cm	55.3cm	4cm	7.23	56cm
Alto	ALTO	34cm	21cm	25.3cm	2.9cm	11.4	26cm
Peso	PESO	61cm	30cm	45.7cm	6.5cm	14.22	49cm
Largo curvo del carapacho	LCC	89cm	67cm	76.4cm	3.8cm	4.97	75cm
Ancho curvo del carapacho	ACC	80cm	62cm	70.6cm	3.8cm	5.38	71cm

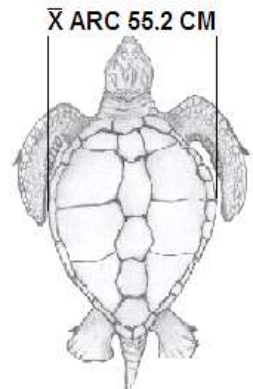
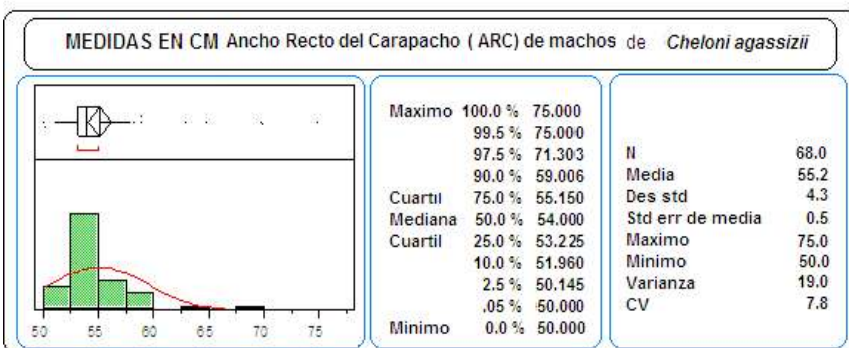
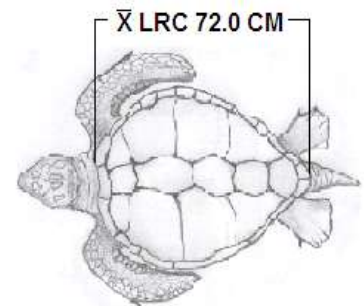
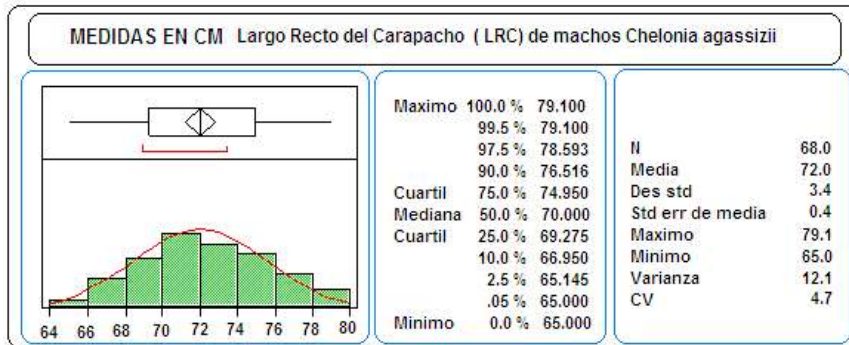


Figura 7. y 8. Medidas de tendencia central y rango del LRC y ARC

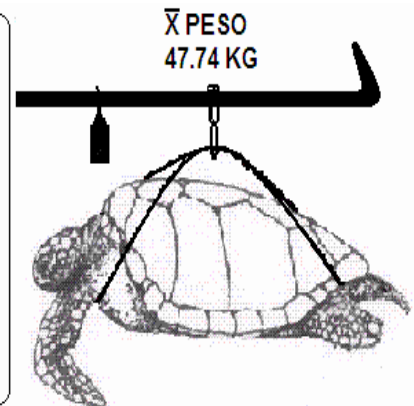
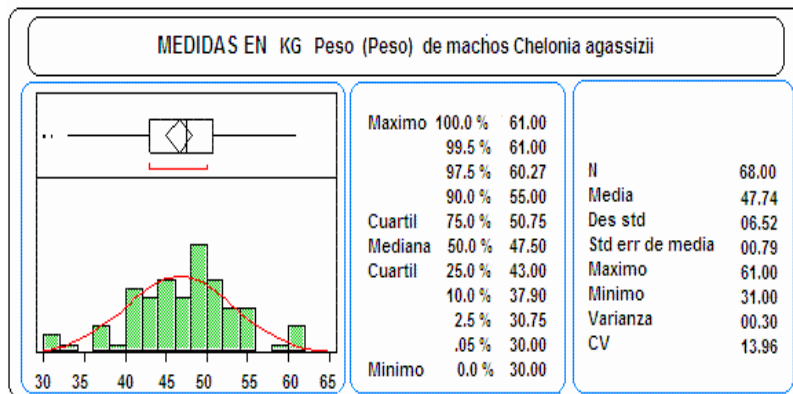
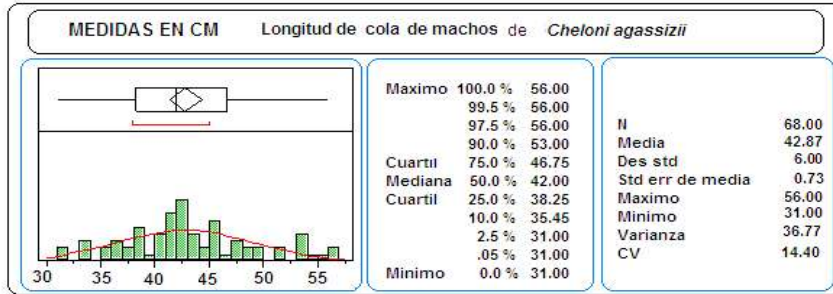
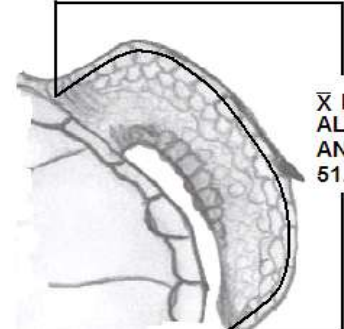
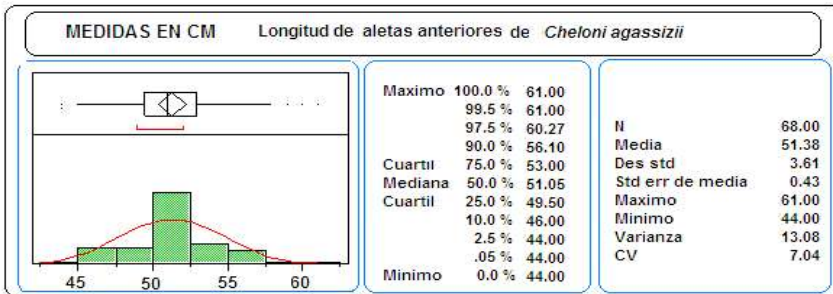
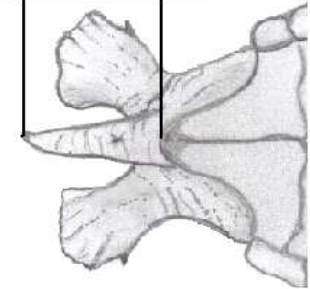


Figura 9. Medidas de tendencia central y rango de PESO

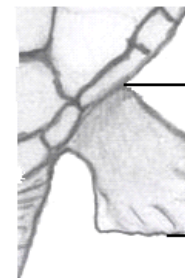
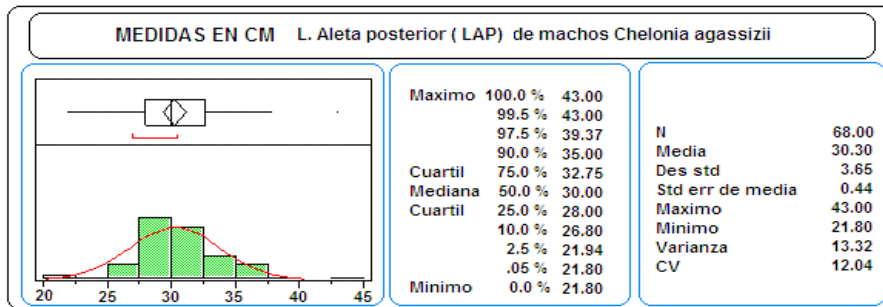


$\bar{X}$  L. COLA 42.87 CM

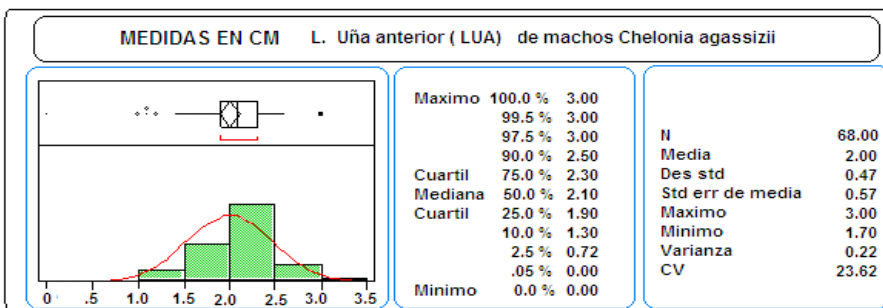


$\bar{X}$  L. ALE ANT 51.38 CM

Figura 10 y 11. Medidas de tendencia central y rango de la Cola y LAA



$\bar{X}$  L. ALE POST 30.30 CM.



$\bar{X}$  UÑA ANT 2.00CM.

Figura 12 y 13. Medidas de tendencia central y rango del LAP y LUA

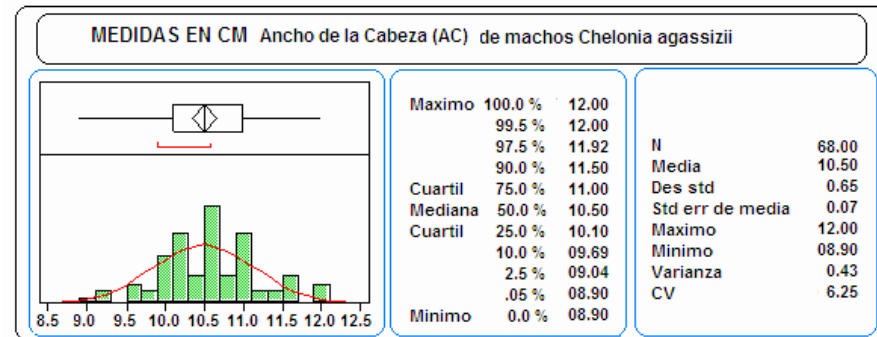
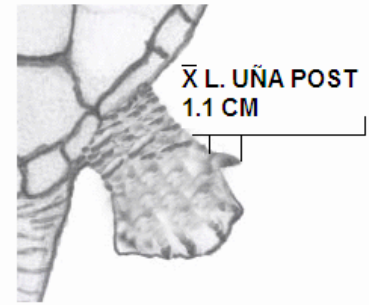
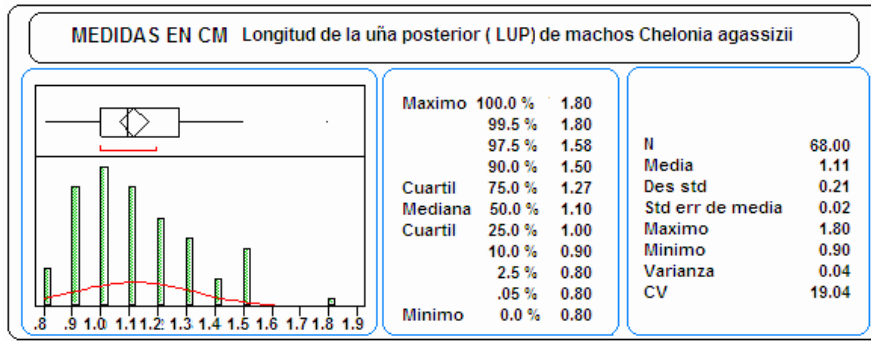


Figura 14 y 15. Medidas de tendencia central y rango del LUP y AC

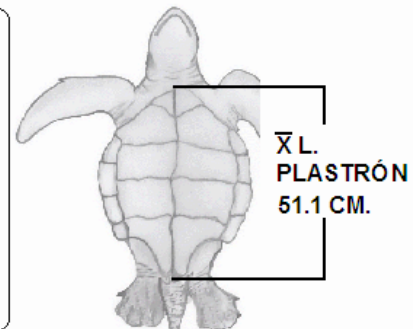
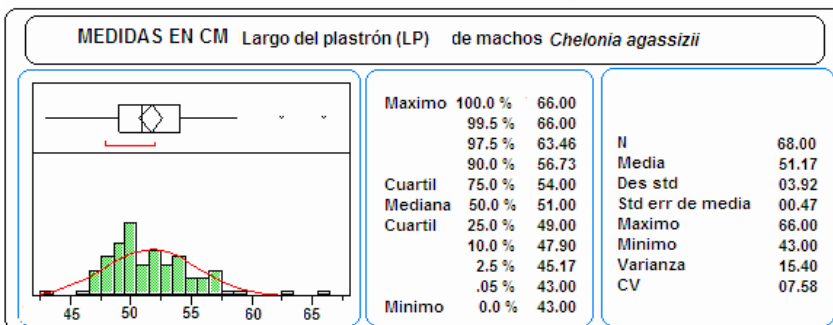
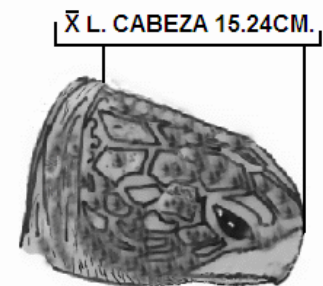
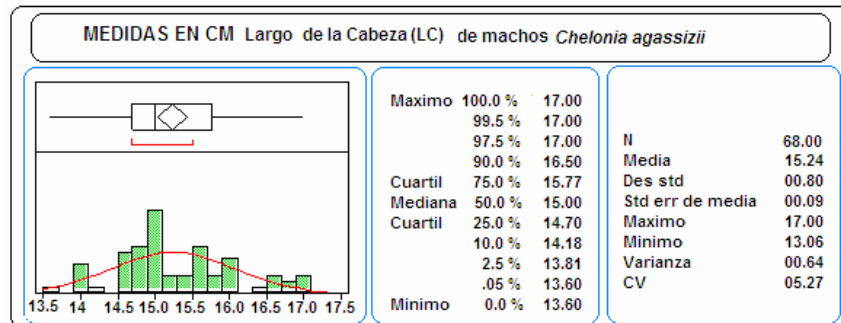


Figura 16 y 17. Medidas de tendencia central y rango del LC y LP

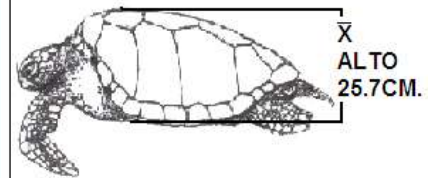
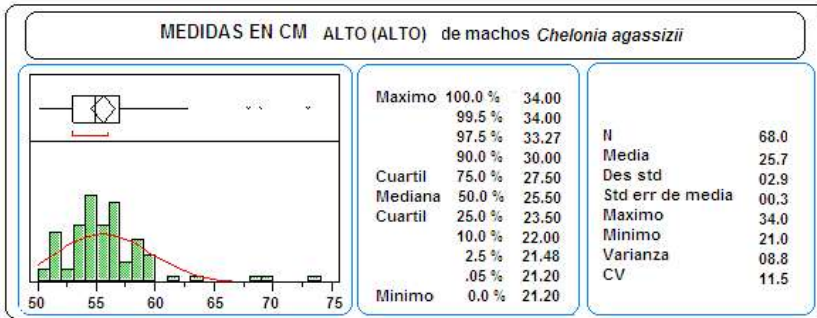
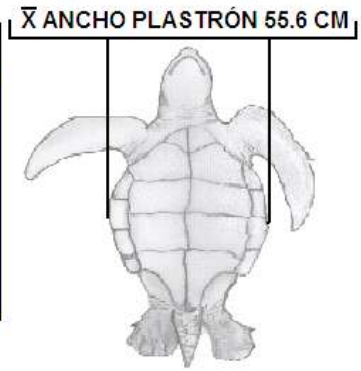
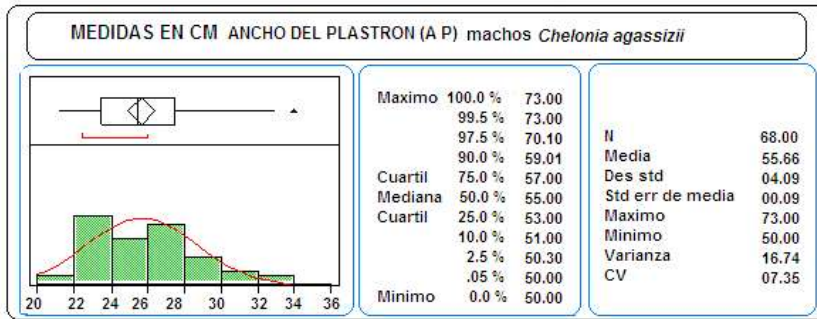


Figura 18 y 19. Medidas de tendencia central y rango del AP y ALTO

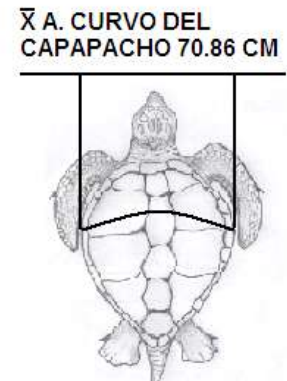
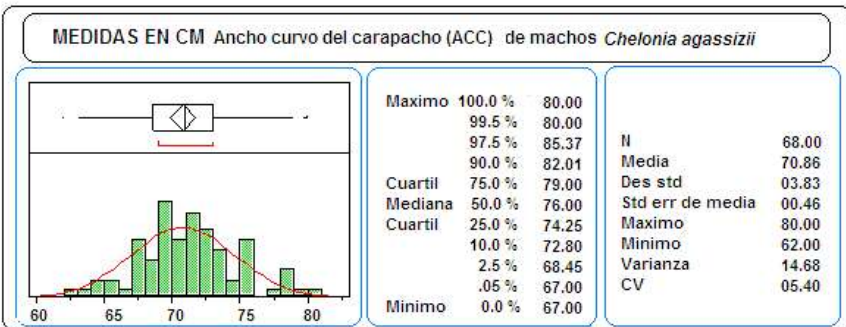
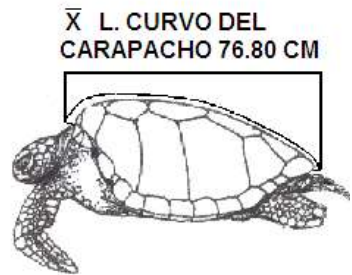
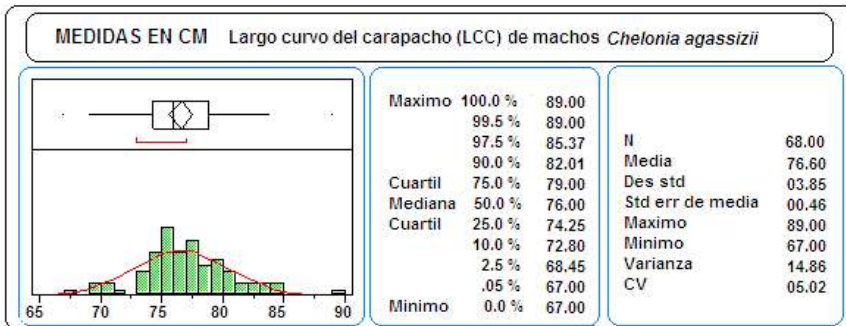


Figura 20 y 21. Medidas de tendencia central y rango del LCC y ACC

Como contribución al programa de recuperación de tortuga negra en Michoacán se diseño lleno una ficha de identidad individual de cada macho capturado y marcado (Fig. 22) que incluye fotografía, características morfométricas, actividad al momento de ser detectado y capturado, observaciones, y condiciones abióticas del área donde fue localizado; y que tiene como el fin de iniciar una base de datos de la población de machos adultos de tortuga negra (anexo 4)

**Ficha de identidad de machos de *Chelonia agassizii* de la población de Colola, Michoacán.**  
FECHA 8/11/04 COLOLA MICHOACAN

NO	MCA 1	MCA 2	PM	LRC	ARC	A C	LC	LCC	ACC	LAA	LAP	PESO	LUA	LUP	L PLA	A PLA	ALTO	COLA
17	LT 32	LT 33	5	69	51	10.2	14.7	73.5	68.5	49	25	40	2	1.1	52.3	50.5	27	38



**OBSERVACIONES**

MACHO CAPTURADO EN COPULA  
7 MACHOS SATELITE Y UNA HEMBRA  
HERIDAS CAUSADAS POR MORDIDAS  
DE MACHOS SATELITE EN COLA,  
CABEZA, CUELLO Y ALETAS

SE MARCO EN ALETAS ANTERIORES  
POR TENER MUY LASTIMADAS  
LAS ALETAS POSTERIORES

Figura 22. Ficha de identidad de machos adultos de *Chelonia agassizii*

## Comparación morfométrica macho - hembra

Cuadro 6. Estadística descriptiva de siete caracteres morfométricos comparando machos y hembras N=68 para ambos sexos

VARIABLES (CENTÍMETROS)	HEMBRAS					MACHOS				
	$\bar{X}$	DEVST	MAX	MIN	CV	$\bar{X}$	DEVST	MAX	MIN	CV
Largo recto del carapacho	78.5	4.71	95.1	71	6.1	71.9	3.4	79.1	65	4.7
Ancho recto del carapacho	58.4	5.1	87	49	8.8	54.9	4.3	75	50	7.8
Longitud del plastrón	61.9	4.20	78	54	6.7	45.2	6.8	66	43	15
Ancho de la cabeza	11.2	.77	14	10	6.8	9.5	1.2	12	8.9	12.6
Altura del cuerpo	29.1	2.4	39	24	8.2	25.3	2.9	34	21	11.4
Largo curvo de carapacho	83.0	4.7	99.5	77	5.7	76.4	3.8	89	67	4.97
Ancho recto del carapacho	78.2	4.65	92	68	5.9	70.6	3.8	80	62	5.38

Cuadro 7. Comparación de medias con la prueba de t-student, contrastando macho y hembras N=68.

Variables	Diferencias en pares					t	df	Sig. (2-tailed)
	Media	Desviación Std.	Std. Error media	95% intervalos de confianza				
				Inferiores	Superiores			
HLRC – MLRC	6.47941	5.37600	.65194	5.17814	7.78068	9.939	67	.000
HARC – MARC	3.25441	6.67364	.80930	1.63905	4.86978	4.021	67	.000
HLP – MLP	0.24478	6.07135	.74173	8.76386	11.7256	13.812	66	.000
HAC – MAC	-.56618	1.01355	.33559	-3.2322	2.09967	-.424	67	.673
HALT – MALT	3.40441	3.97122	.48158	2.44317	4.36565	7.069	67	.000
HLCC – MLCC	6.20615	5.65975	.70201	4.80374	7.60857	8.841	64	.000
HACC – MACC	7.28769	5.70971	.70820	5.87290	8.70249	10.290	64	.000



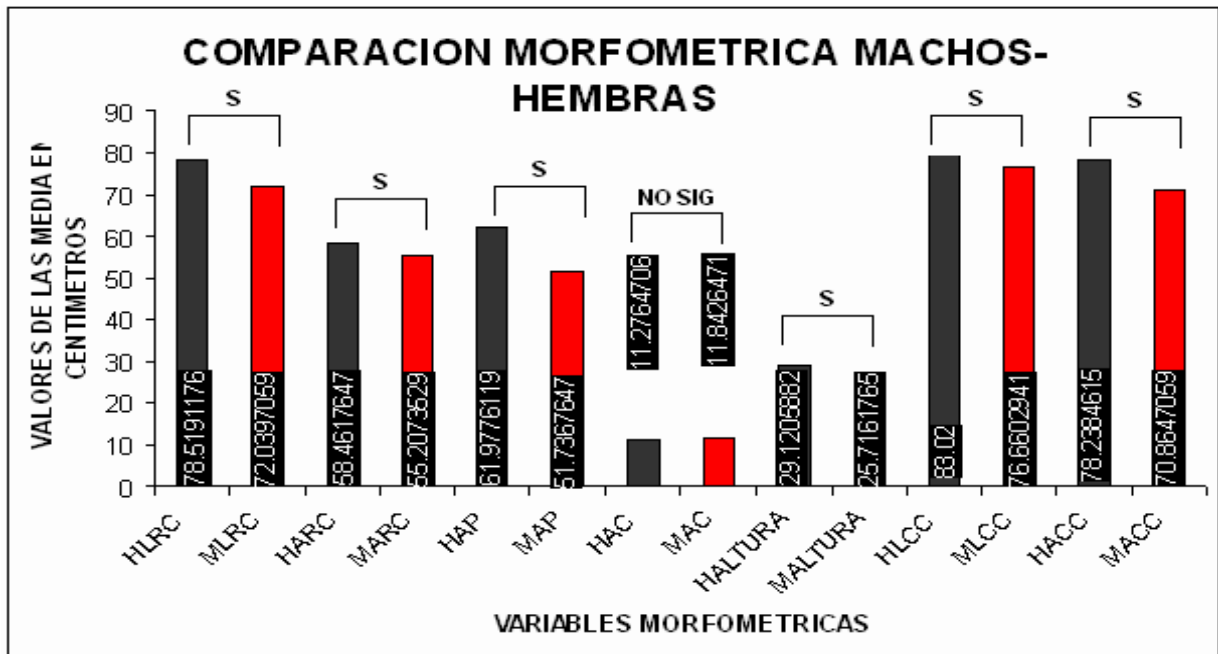


Figura 23. Grafica de comparación de medias de las medidas de siete caracteres morfométricos de machos y hembras N=68

"S" existen diferencias significativas "NO SIG" no existen diferencias significativas en la comparación mediante la prueba de t-student.

### Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales se realizó con el programa JMP Versión 3.2.2, considerando a los 138 individuos de ambos sexos en conjunto

Cuadro 8. Componentes principales

EigenValue:	5.1162	3.0408	1.3139	0.9673	0.8085	0.7278	0.5232	0.4517	0.3415	0.2785	0.2076
Percent:	36.5443	21.7203	9.3849	6.9093	5.7749	5.1989	3.7369	3.2263	2.4390	1.9892	1.4832
CumPercent:	36.5443	58.2645	67.6494	74.5587	80.3336	85.5325	89.2695	92.4957	94.9347	96.9239	98.4070
Eigenvectors:											
H L R C	0.39631	-0.14388	-0.08431	0.04103	0.06198	-0.14617	0.14973	0.32553	-0.01310	-0.12684	-0.18980
H A R C	0.34057	-0.04004	-0.07821	-0.02330	-0.22551	-0.50041	0.26489	-0.11988	0.45854	0.13335	0.48559
H L P	0.37600	-0.12478	-0.08157	0.07003	0.15163	0.12609	0.42185	0.18324	-0.08296	-0.09097	-0.27156
H A C	0.32449	-0.10420	0.05986	-0.08541	0.17044	0.41325	-0.52512	0.25923	0.40586	-0.25746	0.29940
H A L T	0.31980	-0.11863	-0.01803	-0.00315	0.16353	0.55824	0.33938	-0.38064	-0.11585	0.31037	0.18497
H L C C	0.37881	-0.12056	-0.00949	0.15531	0.01647	-0.29104	-0.22914	0.17912	-0.23356	-0.00291	-0.25364
H A C C	0.35049	-0.06825	0.00724	0.09661	-0.02304	-0.16732	-0.49132	-0.56709	-0.27346	0.13798	-0.05399
M L R C	0.19912	0.44954	0.23935	-0.19368	-0.12583	0.09877	0.03344	-0.14205	0.10005	-0.20489	-0.28079
M A R C	0.05517	0.43529	-0.31151	0.32982	0.14840	-0.02437	0.07285	-0.02224	-0.37605	-0.48132	0.44653
M L P	-0.02558	0.35496	-0.42159	0.46829	0.21628	0.05280	-0.09773	-0.05560	0.46843	0.30383	-0.31704
M A C	0.00810	-0.06324	0.47694	0.70893	-0.46035	0.18195	0.03981	0.10317	0.01528	0.01636	0.06357
M A L T	-0.04150	0.09650	0.59504	0.13009	0.72374	-0.26241	0.07195	-0.01556	0.04855	0.08575	0.09681
M L C C	0.20554	0.43989	0.24562	-0.19526	-0.18633	0.00355	0.09601	-0.16860	0.14172	-0.19256	-0.16835
M A C C	0.15583	0.44003	0.04625	-0.17000	-0.10320	0.04583	-0.11259	0.46615	-0.28582	0.60459	0.20612

Los datos de la varianza en los tres componentes principales explica el 67.64% de la varianza, lo que refleja que existe varianza significativamente alta, por lo que tomamos los primeros cuatro componentes que explican el 74.55 % de la varianza.

El PC1, explica el 36.54% de la varianza, mostrando mayor correlación positiva en las variables HLRC (.396); HLP (.376); HLCC (.378); HACC (.350); HARC (.340); HACC (.350), HALT (.319). Las variables de los machos presentan correlaciones muy bajas y correlaciones negativa en las variables MLP (-.025) y MALT (-.041).

El PC2, muestra ocho variables con relaciones negativas siete corresponden al total de las variables de las hembras y solo la variable MAC (Ancho de la cabeza del macho), correspondiente a macho, se incluye en este grupo; el resto de las variables de los machos presentan correlación positiva con valores de .09 en el mínimo, y .44 en el valor más alto. Lo que indica que en el PC2 existen diferencias significativas en las variables entre machos y hembras

El PC3, explica el 67.64% de la varianza, con una correlación positiva alta en MALT (.595), y MAC (.476) el resto de los valores son muy bajos y negativos cercanos a cero.

En el PC4, se explica el 74.44 % de varianza, y muestra MAC (.708) con la mas alta correlación positiva y MLP (.468) el resto de las variables muestran el mismo patrón negativo o cercano a cero.

El resultado obtenido del análisis de componentes principales reafirma que existe diferencia significativa, en los medidas de los caracteres morfométricos, entre machos y hembras, agrupándose las variables de las hembras en el eje "Y", y las variables de los machos en el eje "X", a excepción de MAC, que muestra tendencia al eje "X", ( ver cuadro 8), lo que indica que en proporción el tamaño de la cabeza del macho, es grande comparándola con el de las hembras

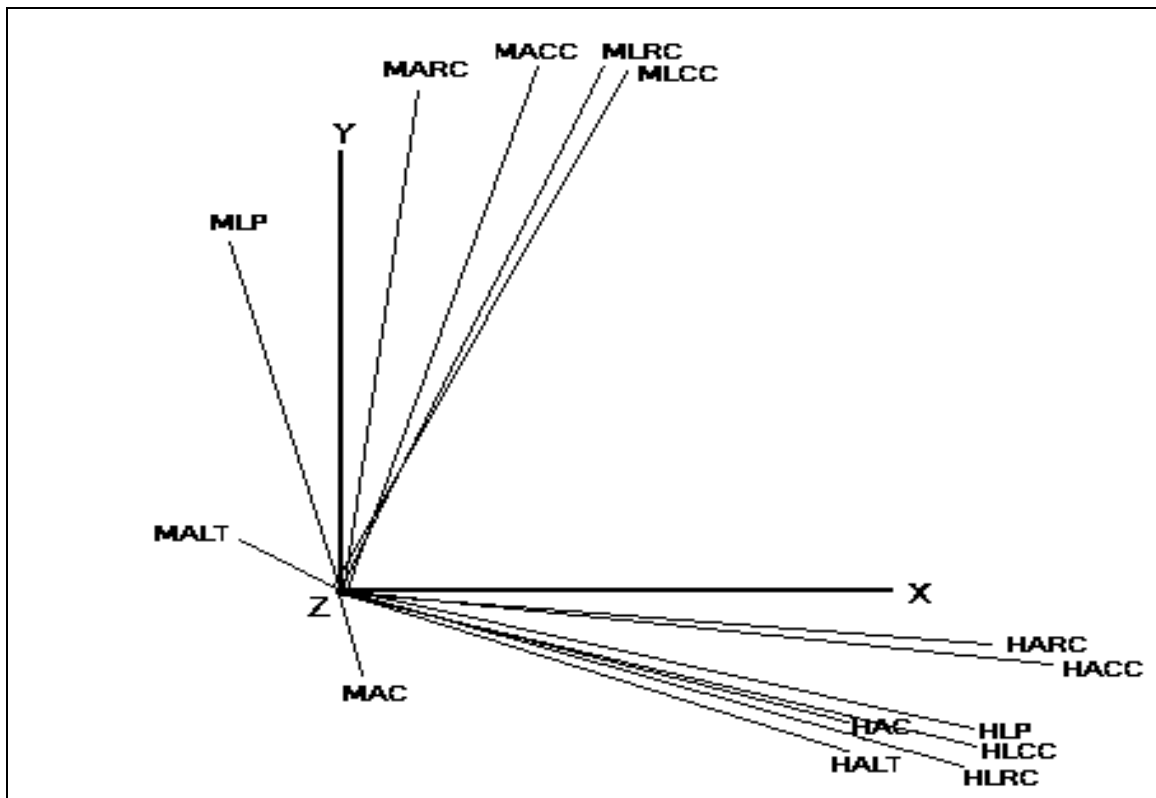


Figura 24. Spinning plot de componentes principales de siete caracteres morfométricos de machos y hembras

## DISCUSIÓN

### Morfometría

En los machos las características más notables son el tamaño de la cola y el tamaño de las uñas de las aletas anteriores y posteriores, rasgos que diferencian notablemente machos de hembras. Dichas variables tienen una función específica en aspectos reproductivos, lo que sugiere que son adaptaciones evolutivas. Si se asume que existe cierta variabilidad genética que controla el tamaño corporal, la selección será al principio muy efectiva, pero pronto el stock se volverá menos variable con respecto a ciertas características físicas dominantes, debido a que unos pocos genotipos se transmiten en la reproducción (Krebs y Davies, 1993), por lo que se puede esperar que exista una tendencia a acentuar las características morfológicas encontradas en las medidas.

En las siete variables comparadas entre ambos sexos, las medidas de las hembras son mayores a las de los machos los resultados de la prueba de T student indican que únicamente en la variable Ancho de la cabeza (AC), la diferencia no es significativa (Cuadro 7 y Fig. 23)

Este resultado no coincide con lo esperado en especies que presentan competencia intraespecífica entre machos, en las que el tamaño grande del cuerpo del macho es un elemento que influye el éxito reproductivo; por lo que se podría sugerir que en machos de esta especie, el éxito está influido por aspectos relacionados con comportamiento, disposición, energía y capacidad de movimiento, mas que por el tamaño y el tamaño inferior en los machos de esta especie, puede ser una estrategia reproductiva, ya que posiblemente los machos alcanzan la madurez sexual a una edad mas temprana.

El dimorfismo sexual en *Chelonia agassizii* se manifiesta por características morfométricas diferenciadas entre machos y hembras, desarrolladas con fines reproductivos. Las variables referentes al tamaño corporal superior de las hembras, influyen en la mayor capacidad para almacenar y transportar huevos (Figueroa, 1989), mayor capacidad de almacenar nutrientes y grasa, y mayor capacidad de migración.

El resultado obtenido del análisis de componentes principales indica que la variable MAC es una característica constante que se acerca al eje X donde se agrupan las hembras, lo que sugiere que el tamaño grande de la cabeza de los machos posiblemente sea un rasgo evolutivo que influye en la selección sexual. En Michoacán, el tamaño medio de las hembras anidatorias es de 82 cm. largo curvo del carapacho (Alvarado y Figueroa, 1989), lo que marca diferencias en las tallas puesto que la media de talla de los machos reproductivamente activos es de 74.4 cm del largo curvo del carapacho. Si tomamos en cuenta las tallas, se puede sugerir que los machos alcanzan la madurez sexual a una edad mas temprana que las hembras y se incorporan mas rápidamente a la población reproductora, sin embargo, se desconoce el tiempo aproximado de vida reproductivamente activa.

Los resultados, surge una explicación de la forma del carapacho de *Chelonia agassizii*. Esta presenta una escotadura en el tercer cuarto a la altura de las extremidades posteriores. Este rasgo morfológico posiblemente es una adaptación guiada por el tamaño de los machos. Al aparearse los machos necesitan sujetarse a las hembras enganchándolas de los escudos supracaudales con sus uñas anteriores; y con las uñas de las aletas posteriores, a la altura del tercer cuarto anterior del carapacho donde comienza la escotadura. Posiblemente la ausencia de esta escotadura en las hembras sería una barrera mecánica para que los machos al ser más pequeños puedan acceder a las hembras.

En vertebrados donde existen patrones de dominancia por parte de los machos, el dimorfismo sexual es promovido por el tamaño de los machos dominantes, los cuales al propagar en mayor proporción sus características a buena parte de la descendencia promueven un mayor tamaño en los machos que en las hembras (Barash, 1986). En tortuga negra no se observaron patrones de dominancia entre los machos, lo que sugiere que no hay selección sexual interespecífica. En este caso el dimorfismo sexual es promovido por las hembras a través de la escotadura del carapacho que permite a machos más pequeños que estas reproducirse exitosamente. Sin embargo, el tamaño pequeño de los machos también puede ser promovido por las diferencias en la dieta y la ubicación de las zonas de alimentación de los machos respecto a las de las hembras (Barash, 1986).

Esta hipótesis fundada en diferencias morfométricas pudiera ser un argumento a favor de la designación de *Chelonia agassizii* como especie, ya que uno de los requisitos indispensables para la designación de especie es que exista posibilidad reproductiva, y tomando en cuenta que las hembras de *Chelonia mydas*, son considerablemente más grandes en promedio 120 cm LCC (Pritchard *et al*; 2000) comparando con *C. agassizii* una media de 78.5 cm LCC (Figueroa 1989), es poco probable que los machos de tortuga negra, puedan acceder a las hembras de *Mydas*. Aunado a esta importante diferencia en las tallas, la característica de la escotadura se presenta solo en *C. agassizii*, lo que puede ser una barrera mecánica que impide que los machos de 71.9 cm (ver capítulo I), puedan acceder a las hembras de

*Chelonia mydas* (Fig. 25), lo cual evitaría la reproducción, siendo esto uno de los argumentos para considerarse una misma especie. Sin embargo se necesita hacer un estudio específico bajo esta hipótesis para evaluar el planteamiento.

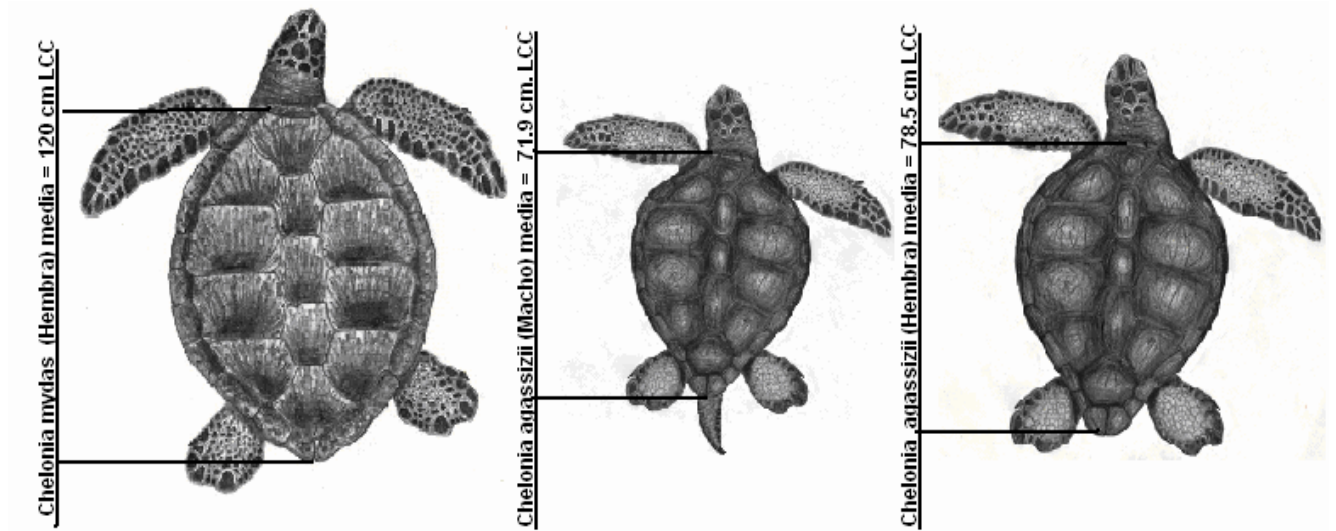


Figura 25. Comparación de medias del LRC de macho y hembra de *Chelonia agassizii* y hembra *Chelonia mydas*.

---

### CAPITULO III. RADIO SEXUAL Y RADIO SEXUAL OPERATIVO

#### INTRODUCCIÓN

En términos de evolución la proporción de sexos conveniente es de 1:1, esta proporción permite estabilidad en los procesos evolutivos y adaptativos de una especie (Krebs y Davies, 1993). Fisher (1930) menciona que una población que contenga una proporción sesgada en favor de un sexo, no es evolutivamente estable debido a que un gen que cause que los progenitores sesguen la proporción de sexos de sus crías hacia un sexo determinado se propagaría rápidamente y la proporción de sexos cambiaría gradualmente (Krebs y Davies, 1993).

La proporción sexual en tortugas marinas tiene gran importancia para el diseño de estrategias de conservación, ya que en estas especies el sexo es determinado por la temperatura de incubación y no por diferenciación de cromosomas sexuales, ya que la temperatura a la que se incuban los huevos durante el segundo tercio de desarrollo determina el sexo de las crías (Charnier, 1996). Los huevos que se incuban a una temperatura superior a 30°C producen hembras, e inferiores a 28°C producen machos (Ewert y Nelson, 1991). Esta característica ha creado poblaciones de tortugas marinas con las proporciones sexuales sesgadas a un sexo en particular y no la proporción sexual de 1:1 propuesta por la teoría de alocaión sexual (Diez *et al.*, 1993). Por lo tanto, en programas de recuperación deben tomar en cuenta, esto durante la reubicación de los huevos, los efectos del medio ambiente, la época del año y el comportamiento de la hembra al seleccionar el lugar de nidación (Bull *et al.*, 1982).

#### **Proporción sexual natural en crías de tortuga negra**

En las playas de Colola y Maruata existe una variación térmica estacional que favorece la producción de hembras en los meses de septiembre octubre y noviembre; al final de la temporada de anidación en los meses de diciembre y enero, disminuye la temperatura, favoreciendo la producción de machos. Por otro lado, estas playas presentan dos zonas térmicas principales: zonas de vegetación y zonas abiertas que influyen en la temperatura y por consecuencia la determinación sexual. De esta

forma, la temporada concluye con proporción sexual de 82.76 % de hembras, lo que representa 5:1 hembras: machos (Andrade, 2002). Sin embargo la proporción sexual también esta influida fuertemente por los periodos de la temporada de reproducción, y es al final de ésta, cuando la temperatura de incubación es menor de 28°, y por lo tanto se producen machos en mayor proporción. Así mismo, este periodo se caracteriza por ser muy corto, además de la disminución en el número de hembras que salen a desovar, lo que seguramente tiene efectos en la proporción sexual durante la temporada.

La proporción sexual en adultos no se puede calcular en base a estos datos, ya que no es factible hacer un calculo basándose en las proporciones de avivamiento de las crías, pues se desconoce si existen diferencias durante el crecimiento, que favorezcan un sexo en particular, como pueden ser sobrevivencia, tiempo de madurez sexual, tasas de crecimiento, hábitos de migración y otros aspectos que puedan incidir en variaciones de las proporciones sexuales (Lovich y Gibbons, 1990; Wibbels, 2000). Así mismo el efecto de la prohibición de captura, y la creación de áreas de reserva y campamentos de recuperación y protección, puede estar teniendo efectos sobre la proporción, ya que al existir manejo, se corre el riesgo de sesgar la proporción en favor de un sexo.

Los machos y las hembras tienen hábitos muy diferentes, las hembras están más expuestas a ser capturadas, principalmente por la naturaleza reproductiva que las vuelve más vulnerables, ya que se exponen a la depredación al salir a desovar a la playa. Considerando que los machos puedan alcanzar la madurez sexual a una edad mas temprana en relación a las hembras, se puede proponer la hipótesis que las diferencias en la proporción sexual en crías que favorece a las hembras (Andrade, 2002), se equilibra al llegar a la edad reproductiva

### **Radio sexual operativo**

El radio sexual operativo esta relacionado con el número individuos disponibles de un sexo que interactúan con fines reproductivos con individuos del sexo opuesto. En tortugas marinas, frecuentemente el radio sexual operativo varía de la proporción sexual en función de la cantidad de hembras que se encuentran receptivas. Esto



tiene consecuencias que afectan directamente a la variabilidad genética, pues se conoce que el éxito reproductivo de una población depende del número de machos presentes durante la temporada de reproducción (Parker y White, 1987).

El radio sexual operativo promedio en la población de *Chelonia agassizii* que anida en la playa de Colola se estimó en 4:1 (machos / hembras), presentándose al inicio de la temporada hasta 20 machos por cada hembra reduciéndose el número de machos gradualmente hasta el final de la temporada (Armas, 2002). Estas tendencias en el radio sexual operativo pueden ser explicadas en términos de inversión reproductiva, debido a que el esperma es poco costoso y los machos pueden maximizar su éxito reproductivo apareándose con muchas hembras (Clutton-Brock y Vincent, 1991).

## **ANTECEDENTES**

### **Proporción sexual**

El rango de temperatura umbral o pivotal, se define como el rango de temperatura en la cual que define el sexo, y se conoce para todas las especies de tortuga marina (Bull, 1980), influye directamente sobre la proporción sexual. Sin embargo la proporción sexual es también afectada por factores de comportamiento por parte de la hembra, al seleccionar el sitio de nidación (Mrosowski, 1980).

En *Chelonia agassizii* temperaturas de incubación menores a 27 °C resultan en 100% de machos y temperaturas mayores a 31 °C resultan en 100% hembras, la temperatura pivotal (temperatura en la que se produce el 50% de machos y el 50 % de hembras) es de 29.5 °C (Díaz, 1986).

Andrade (2002) reporta una proporción sexual natural de 80% hembras en crías de tortuga negra, de 81.94 % hembras en la playa de Colola, presentándose variación importante en relación con la proporción sexual de 71% de hembras reportada por Alvarado (1988). Esta diferencia posiblemente se debe a variaciones en la

proporción sexual de una temporada a otra, o al efecto del manejo y reubicación de los nidos en corrales protegidos.

Es importante señalar que existen varios factores que influyen en la proporción sexual, principalmente la mortalidad diferenciada entre sexos, divergencias en la sincronización de la madurez, y posibles diferencias en hábitos migratorios. Estos factores pueden inducir fuertemente los cocientes en polarización del sexo en adultos, de hecho, muchas poblaciones estudiadas de tortugas terrestres tienden a presentar cocientes de polarización negativa de machos, aunque generalmente son la norma para los adultos (Lovich y Gibbons, 1990).

Existen distintos métodos para calcular la proporción sexual, y en todos ellos primeramente se requiere determinar el sexo. En adultos de tortuga marina es posible hacerlo mediante observación directa, pues es evidente el tamaño mayor de la cola del macho. Sin embargo, esta característica no es distinguible en crías, juveniles y subadultos, por lo que se requiere de métodos invasivos para identificar el sexo.

Limpus (1992) hizo un examen laparoscópico de las gónadas de 109 especímenes de *Chelonia mydas* en playas de Australia; en su mayoría juveniles. Esta muestra dio como resultado, una razón de 2,57:1, con una tendencia en favor de las hembras.

León y Diez (1999) investigaron un grupo de tortugas inmaduras de *Eretmochelys imbricata* en la República Dominicana a partir del análisis de la testosterona en el suero sanguíneo. También ellos informaron que las hembras eran casi tres veces más numerosas que los machos, en una proporción de 2,7:1.

Registros por la pesquería de ejemplares adultos de tortugas carey de Cuba indican que entre 1983 y 1997 existió una fuerte tendencia en favor de las hembras, con proporciones superiores a 4:1 (Carrillo *et al.*, 1999).

Diez y Van Dam (1993) utilizaron niveles de testosterona como técnica para distinguir el sexo 120 individuos de una población de la especie *Eretmochelys*

*imbricata*, de la Reserva Natural de Isla de Mona, Puerto Rico. Obteniendo porcentaje del 56% machos y el 44% hembras. Estos resultados no reflejaron una diferencia estadísticamente significativa de la proporción sexual 1:1.

### **Radio sexual operativo**

El radio sexual operativo indica la proporción de machos disponibles para las hembras receptivas en un momento dado. Depende del grado de agrupamiento espacial y temporal del sexo limitante (hembras) ( Krebs y Davies, 1993).

Cuando uno de los sexos invierte más que otro en la reproducción, la proporción se desvía del supuesto 1: 1, esto provoca mecanismos compensatorios en favor del sexo más raro. En especies que invierten más las hembras que los machos en la reproducción, es muy común que los machos compitan por las hembras (Krebs y Davies, 1993)

La selección de rasgos que se relacionan con el incremento del éxito reproductivo, se denomina usualmente selección sexual. Esta puede funcionar de dos formas: favoreciendo la capacidad de un sexo, de competir directamente entre ellos por las fecundaciones, lo que se conoce como selección intrasexual; y que las hembras seleccionen y controlen el acceso de los machos, lo que se conoce como selección intersexual (Krebs y Davies, 1993). La intensidad de la selección sexual depende del grado de competencia por los apareamientos. Esto a su vez depende de dos factores: la diferencia en el esfuerzo parental entre los sexos, y el radio sexual operativo (Charnov, 1982). Si un número igual de ambos sexos alcanza la condición reproductiva al mismo tiempo, el grado de selección sexual se reduce. En cambio, cuando las hembras llegan al período reproductivo asincrónicamente existe la posibilidad de que un número pequeño de machos trate de aparearse con muchas hembras. Con tales retribuciones potenciales, la competencia sexual es muy intensa. (Krebs y Davies, 1993)

No es sorprendente que las hembras sean más selectivas que los machos durante el cortejo. Las hembras usualmente eligen a los machos que les puedan ofrecer y a veces tal vez para obtener beneficios genéticos para sus descendientes (Charnov,

1982). Sin embargo, la proporción sexual es también definida por factores de comportamiento por parte de la hembra, al seleccionar el sitio de nidación (Mrosovski, 1980), pero es difícil conocer el comportamiento individual de las hembras.

La proporción sexual en las poblaciones de tortuga marina durante la época reproductiva tiene implicación en la formación de grupos de machos que compiten por aparearse, este tipo de agregación y competencia puede afectar el éxito reproductivo causado por mecanismos de selección sexual (Brooks y Jennions, 1999). La proporción en adultos involucrados en actividades reproductivas es también conocida como radio sexual operativo. En *Chelonia mydas* se reportan cortejos en los que están involucrados hasta cinco machos por cada hembra (Booth y Peters, 1972).

En un estudio realizado para conocer el comportamiento reproductivo de *C agassizii* se observó desde un promontorio rocoso frente al mar, ubicado al Oeste de la playa Colola, que durante el cortejo y/o copula, generalmente la hembra está rodeada por varios machos; estos grupos reciben el nombre local de “manchas” (Villanueva, 1980).

Alvarado y Figueroa (1991) calcularon el radio sexual operativo promedio en 2.5 machos por hembra (rango = 6-1)

En otro estudio se menciona que las parejas de *Chelonia agassizii* son conocidas por los pescadores como “mancuernas” y que la posible abundancia de machos que se observan en esta especie se debe a sus características reproductivas ya que ellos tienen mayor facultad migratoria al no tener que destinar sus reservas alimenticias corporales en la producción de varias nidadas durante la temporada, o bien que al contar con estas reservas, los machos están capacitados para permanecer por periodos más prolongados en las zonas de reproducción, aunque en la actualidad debido a la sobre pesca esta forma de cortejo ha disminuido notablemente (Márquez, 1996). Armas (2002) menciona que a lo largo de la temporada 1999 – 2000 el radio sexual operativo fue de 4: 1 (macho-hembra) (rango = 1-20) machos por hembra. Por otro lado, agrupando los eventos reproductivos en cortejo y apareamiento, el mismo

autor encontró una proporción sexual de 4:1 machos por hembra durante el cortejo y 6:1 machos por hembra durante el apareamiento.

## **MÉTODOS**

### **Determinación de la proporción sexual en adultos reproductores de tortuga negra**

La proporción sexual de la población reproductora de tortuga negra que anida en Colola se calculó en base a los resultados obtenidos de la estimación de la población de hembras anidadoras y la abundancia poblacional de machos, calculada para la temporada 2004-2005. La población de hembras se calculó a través del índice poblacional (número de nidos colectados entre el número promedio de nidos por hembra por temporada), utilizando la Frecuencia de Nidada Estimada (FNE) (3 nidos por hembra por temporada), que es el número promedio de nidos estimados que un hembra deposita en una temporada de reproducción, considerando un periodo interanidatorio (promedio de tiempo transcurrido entre la ocurrencia de nidadas sucesivas) de 12 días (Arias, 2000). Una vez estimada la población de machos por el método de Schnabel (1938), y conocido el número de hembras anidadoras, se obtuvo la proporción sexual de la población adulta reproductora de tortuga negra, dividiendo el número total de hembras estimadas entre el número calculado de machos.

### **Determinación del radio sexual operativo**

Para conocer el radio sexual operativo se realizaron conteos de hembras y machos observados en cortejo o copula, en aguas adyacentes a la playa de Colola durante la temporada 2004-2005.

Los muestreos iniciaron el 24 de septiembre y terminaron el 15 de diciembre. Durante este tiempo se establecieron tres periodos de muestreo; del 15 de septiembre al 15 de octubre; del 16 de Octubre al 15; y del 16 de noviembre al 15 de diciembre. En cada uno de ellos se registró el número de machos y hembras involucrados en cortejo y cópula, con el objeto de establecer la existencia de diferencias en el radio sexual operativo, en cada uno de los periodos. En los eventos

de muestreo se registró la ubicación del lugar de contacto visual de individuos involucrados, la fecha, hora, condiciones del mar y climáticas, número de machos, el número de hembras, individuos no identificados y su actividad (Anexo 3).

Las actividades detectadas en los machos se ordenaron en cuatro categorías de comportamiento:

1. Cópula. Se registró como cópula a los machos que permanecieron más de diez minutos sobre la hembra.
2. Macho en cortejo. Aquellos en los cuales fueron observados en interacciones macho-hembra, sin observarse montados sobre la hembra, y cuya finalidad era la cópula.
3. Interferencia de cópula.- Interferencia de cópula, cuando uno o varios machos atacaban a un macho que se encontraba montado sobre la hembra copulando o intentando copular.
4. Macho satélite.- Aquellos machos que acompañaban a una mancuerna.

El radio sexual operativo estimo dividiendo el total del número de machos registrados en actividades relacionadas con la reproducción sobre el número de hembras involucradas, y tomando en cuenta el total de los registros durante el estudio se calculó la proporción en tres periodos de muestreo durante la temporada

## **RESULTADOS**

### **Proporción sexual en adultos reproductores de tortuga negra**

El número aproximado de hembras que anidaron en la playa de Colola durante la temporada de 2004-2005, se obtuvo dividiendo los 3,603 nidos registrados (Delgado y Alvarado 2004, 2005), sobre la constante 3 calculada en base a la Frecuencia de Nidada Estimada (FNE) (Arias, 2000), dando como resultado una abundancia poblacional de 1,162 hembras anidatorias durante la temporada.

De acuerdo al número de machos estimados en este estudio (521) y al número de hembras anidadoras de tortuga negra en 2004, la proporción sexual de adultos reproductores fue de 2.23:1 (hembra:macho).

Es importante considerar en este punto, que durante la temporada de anidación 2004 en la playa de Colola, la eficiencia en la colecta de nidos disminuyó de manera importante, debido a cambios en la organización del personal local que lleva a cabo las actividades de colecta de nidos e información. Fue evidente apreciar a lo largo de la temporada gran cantidad de nidos naturales fuera de la zona de la playa destinada para tal fin y un saqueo importante de nidos.

Esta situación, generó incertidumbre en el número real de nidos colocados durante 2004 y en consecuencia posiblemente el número de hembras fue subestimado. Partiendo de valoraciones basadas en observación directa, conocimiento del funcionamiento de las patrullas durante la temporada 2004-2005, y antecedentes históricos de nidación, se calculó una pérdida de nidos de 30%. Tomando como base el número total de nidos reportados (3603), se obtuvo como resultado 1081 nidos no registrados (30 %) que se sumaron al número inicial (3603), lo que incrementó el número a 4684 nidos, a su vez se realizó la estimación del número de hembras, dividiendo este valor sobre FNE, obteniendo como resultado 1510 hembras anidadoras durante la temporada.

Para calcular la proporción sexual de adultos, se dividió el valor calculado de 1510 hembras, entre 521 machos estimados, obteniendo como resultado una proporción sexual de 2.9: 1 (hembra-macho).

### **Radio sexual operativo**

Se registraron 352 grupos y/o parejas de tortuga negra, detectados en actividades relacionadas con la reproducción (cortejo y copula), de los cuales fueron identificados 1,079 machos 368 hembras y 85 individuos no identificados que fueron omitidos para el cálculo. Con base en estos resultados, y mediante la división del número de machos sobre el número de hembras se obtuvo una proporción de tres machos por una hembra (3:1) (rango = 1-13 machos por hembra). El radio sexual operativo estimado es muy cercano al radio sexual operativo reportado para tortuga negra (2.5: 1 macho: hembra) por Alvarado y Figueroa en 1991, las diferencias posiblemente se remitan al número de individuos detectados en ambos estudios.

---

**Radio sexual operativo por tres periodos de muestreo.**

Se encontraron patrones variables del radio sexual operativo en tres distintos periodos de la temporada de reproducción:

- 1) 24 de septiembre-15 octubre
- 2) 18 de octubre-14 noviembre y
- 3) 15 de noviembre-15 de diciembre

En el primer periodo se registraron 321 machos y 122 hembras, en una proporción de 2.8:1 (macho- hembra); en el segundo periodo se registraron 497 machos y 166 hembras, resultando una proporción de 3:1; y en el tercer periodo 261 machos y 80 hembras, en una proporción 3.3: 1. Los resultados de los registros no indican grandes diferencias en el radio sexual operativo con relación al periodo de la temporada reflejado mayores fluctuaciones en el número de hembras que en machos. Las diferencias presentadas, pueden explicarse dependiendo del sexo, ya que las hembras, al tener una inversión mayor en la reproducción, permanecen solo el tiempo suficiente para la producción, desarrollo folicular y desove de huevos, presentándose mayor cantidad de hembras durante la parte media de la temporada (18 de octubre- 14 de noviembre). En contraparte los machos al tener un menor gasto energético en la reproducción permanecen en los sitios de apareamiento durante toda la temporada de reproducción, mientras se encuentre presentes hembras receptivas.





Figura 26. Machos de tortuga negra en cortejo

## DISCUSIÓN

### Proporción sexual

La proporción sexual en crías de *Chelonia agassizii* reportada por Andrade (2002) en playas de Michoacán fue de 5 hembras por 1 macho. Este sesgo de la proporción de crías en favor de las hembras puede ser resultado de una estrategia evolutiva en términos reproductivos, ya que la proporción sexual en adultos obtenida durante este estudio, cambia de 5:1 a 3:1 Hembra-Macho en edad adulta, lo que sugiere que la proporción en adultos puede estar influenciada por mecanismos de regulación durante el crecimiento, como la tasa de sobrevivencia, crecimiento y migraciones. Otro factor que puede influir en la proporción y ratio sexual operativo, es el tiempo promedio para alcanzar la madurez sexual. En hembras, de tortuga negra se requiere un mínimo de 24 años (Delgado 2003); y en machos se desconoce el tiempo mínimo de alcanzar la madurez.

Sin embargo, tomando como referencia el tamaño corporal de los machos, se puede suponer que se incorporan más rápido a las actividades reproductivas. Por ejemplo, los machos tienen una media en el Largo Curvo del Carapacho de 76.4 cm (ver capítulo IV), y las hembras una media en la misma variable de 83.0 cm (Figuroa, 1989). La proporción sexual calculada en las crías, tanto en Maruata como en Colola corresponde a tiempos actuales, sin embargo, no se conoce el ratio sexual antes de la sobreexplotación y declive de la población. Se conoce que en 1978, Colola y Maruata representaban el 42% de la anidación total de tortuga negra en Michoacán, y se piensa que posiblemente el ratio sexual de crías en Michoacán era

muy cercano al 1:1 (Delgado com pers). Sin embargo, el sesgo sexual en las crías a favor de las hembras al parecer se debe a los gradientes de temperatura que rigen en las principales playas durante la temporada de anidación.

En Colola, el periodo en que la temperatura favorece la producción de machos es muy corta (enero y febrero) (Andrade 2002). Así mismo existen playas adyacentes a Colola y Maruata, como Cachan y Paso de Noria con temperaturas de incubación que incrementan la proporción de machos, en comparación con Colola y Maruata. Sin embargo en estas playas es inferior la cantidad de hembras que desovan. Al hacer un análisis de la proporción sexual, tomando en cuenta tiempo y espacio se puede sugerir que cada playa, aporta la cantidad de machos y hembras que permite la estabilidad de la especie, y que en conjunto conforman la población, por lo que se tienen que tomar en cuenta estos factores para el planteamiento de proyectos de recuperación y conservación. La tendencia sesgada a favor de las hembras, posiblemente sea un factor que influyó para que la especie desarrollara una estrategia reproductiva que equilibre la proporción sexual, basándose en la asincronía de la madurez sexual, permitiendo que los machos se incorporen a más temprana edad a la reproducción. Esta sugerencia se fundamenta en las diferencias en el tamaño, y solo es valida si la tasa de crecimiento es similar en machos y hembras como lo propone Hirt (1997).

### **Radio sexual operativo**

Durante la temporada de anidación, el radio sexual operativo fue de 3:1 machos - hembra. Así mismo, se encontraron patrones variables en el radio sexual operativo durante los tres periodos en que fue dividido el estudio. Al inicio de la temporada el Radio Sexual Operativo fue de 2.8:1; a la mitad fue de 3:1 y al final de la temporada el numero de machos aumentó a 3.3: 1 por cada hembra. Estas variaciones en la proporción a lo largo de la temporada probablemente se deben a que existe un desequilibrio en la inversión parental, debido a que las hembras realizan una mayor gasto energético en la producción de huevos, lo que convierte en un recurso valioso para los machos, y esto determina que ellos tengan que competir por aparearse, ya que las hembras permanecen en las zonas de nidación solo el tiempo suficiente

para desovar, a diferencia de los machos que tienen un potencial para reproducirse con menor inversión, lo que les permite permanecer más tiempo en las playas de nidación.

Las hembras debido a su ciclo reproductivo (3-5 años) intentan maximizar su éxito reproductivo produciendo la mayor cantidad de huevos y los machos intentan maximizar su éxito reproductivo copulando con la mayor cantidad de hembras posibles, por lo que este comportamiento se debe a alguno de los siguientes factores ó a la sinergia de ellos:

- Garantizar la fecundación de los folículos
- Incrementar la variabilidad genética y/o el “fitness” de las crías
- Radio sexual operativo, es producto del sistema de apareamiento (poliándrico), en el que no existe selección sexual epigámica, es decir, la presencia de machos dominantes y sumisos. De esta manera el sistema poliándrico garantiza a las hembras que el más apto logra aparearse.

Otro factor que puede influir, es que en un momento determinado de la temporada de reproducción, varía el número de hembras receptivas, y el número de machos que intentan aparearse fluctúa muy poco, así los machos que no lograron acceder a las hembras en determinado tiempo permanecerán el suficiente para lograr la obtención de al menos una pareja con la que reproducirse, lo que es un condicionante fundamental de las estrategias de vida de los organismos.

## **CAPITULO IV. DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE ADULTOS REPRODUCTORES**

### **INTRODUCCIÓN**

Todas las especies ocupan un área de distribución, definida por factores bióticos y abióticos, en función a sus adaptaciones para la subsistencia en el medio. Los factores abióticos que limitan la distribución se conocen como barreras. Entre éstas se hallan las barreras físicas, como la tierra para especies acuáticas y el agua para la mayor parte de las especies terrestres, así como la variación de las características

del suelo y del agua; barreras climáticas, como la temperatura; barreras biológicas, como la ausencia del alimento apropiado, la presencia de competidores eficaces, depredadores, enfermedades, interacciones reproductivas, entre otras.

La distribución espacial y temporal de los organismos es un componente fundamental en la ecología de una especie y su historia de vida. El patrón en el cual las tortugas marinas se disponen en espacio y tiempo con fines reproductivos es una característica biológica de considerable importancia para su conservación y manejo. La tortuga marina es un organismo de gran movilidad, lo que hace necesario tener datos generales sobre los periodos y sitios de nidación y alimentación, debido a que son organismos que muestran hábitos de filopatria a determinadas áreas, tienen alta relación entre disposición espacial, periodos de tiempo, definidos como estaciones y temporadas de nidación, cuando se agregan en una escala de espacio mas pequeña, relevante para la reproducción de la especie (Elliot, 1977).

Un importante segmento de la población de tortuga negra del Pacífico Oriental se agregan frente a la playa de Colola con fines reproductivos, donde se observan machos interactuando en competencia intraespecífica por acceder a las hembras (Villanueva, 1980; Alvarado y Delgado, 2005). Existe poca información respecto a las causas que originan que *C. agassizii* tenga preferencia para reproducirse en playas de Michoacán. Así mismo, se sabe que estas son las playas de mayor importancia para la nidación, en cuyas zonas marítimas inmediatamente adyacentes, se lleva a cabo el cortejo y la cópula, principalmente la playa Colola, que es la mas importante del mundo para la reproducción de esta especie (Delgado, 2002).

Existen áreas definidas, dentro de esta zona, en que ocurre mayor agregación, tanto dentro del mar durante el cortejo y la cópula, como en la playa de nidación (Villanueva, 1980). Por otra parte, se sabe que hay fluctuación en el número de individuos durante la temporada de reproducción entre los meses de septiembre a enero (Alvarado y Figueroa, 1990), lo que provoca variación en la agregación de individuos en ciertos periodos dentro de la temporada. La información existente de distribución espacial y temporal de las hembras en las playas de nidación es un

elemento importante en los programas de conservación de esta especie. Así como los patrones de distribución de las interacciones entre machos y hembras frente a las playas de nidación e integrar esta información en los programas de manejo.

## ANTECEDENTES

### Distribución espacio-temporal

Normalmente se reconocen tres patrones generales de distribución de los individuos (animales y plantas) en el espacio y diversos factores que los explican (cuadro 9). Una distribución espacial se refiere al patrón de ubicación de los individuos en el espacio (Pielou, 1969).

**Cuadro 9. Patrones de distribución espacial**

1) ALEATORIO	DISTRIBUCIÓN DE POISSON
2) HOMOGENEO	DISTRIBUCIÓN BINOMIAL POSITIVA
3) AGREGADO	DISTRIBUCIÓN BINOMIAL NEGATIVA

La distribución espacial de los individuos que constituyen una población pueden presentar diversos modelos de distribución espacial, que son la respuesta a diversas influencias como búsqueda de alimento y condiciones físicas favorables, o a las reacciones de competencia (Díaz, 1979).

Elliott (1977) menciona que la dispersión espacial de una población describe la distribución de los individuos dentro de la misma, pudiendo ser al azar, regular y por contagio o agregada, así como la ocurrencia de cambios temporales que afectan los patrones de dispersión. De los tipos de distribución anteriormente mencionados, el patrón aleatorio es poco común en especies que presentan comportamientos de competencia intraespecífica. Para que la probabilidad de encontrar un individuo sea la misma en todos los puntos del espacio, es necesario que todo este espacio ofrezca las mismas condiciones, y que ningún individuo tenga ningún efecto sobre otro (Márquez, 2000).

Villanueva (1980) mediante observaciones realizadas desde un promontorio rocoso ubicado en la porción Oeste de la playa Colola, describe agregaciones de individuos

denominadas localmente manchas, interactuando con fines reproductivos en sitios inmediatamente adyacentes a las playas de anidación. Figueroa (com. Pers.) describe que estas interacciones se realizan principalmente durante los meses de agosto- noviembre, y se localizan frecuentemente grupos numerosos, en sitios cercanos a las playas, y en menor cantidad conforme se alejan mar adentro, llegando a verse grupos, parejas e individuos solos hasta más de 500 metros de la playa.

Existe un estudio específico sobre el patrón espacial y temporal de la tortuga negra en las zonas principales donde se detecta el cortejo y la copula, que fue realizado por Armas (2002). Este autor utilizó un método basado en el conteo en puntos a lo largo de la playa, definidos cada 200 metros (adaptada del método de Buckland *et al.*, 1993); observaciones *ad libitum*, desde una roca de 40 metros ubicada a la orilla de la playa, donde registro la abundancia y tipo de actividad en el mar, tanto de machos como de hembras; y registros de hembras anidando. En este estudio Armas (2002) obtuvo un total de 155 registros de tortuga negra al realizar observaciones en puntos marcados sobre la playa; a lo largo de una línea imaginaria de 3500 metros de largo. No incluyo zonas cercanas al extremo Este de la Playa donde se ubica el pueblo de Colola.

Los resultados que obtuvo indican que la población de tortuga negra se distribuye de manera homogénea frente a la playa de Colola durante su temporada reproductiva. Así mismo, la autora refiere que los sectores 500-1000 y 3000-3500 presentaron ligeros incrementos en el número de individuos observados, y detectó agregación de tortugas en una misma zona (no menciona cuales zonas). Al englobar los resultados obtenidos durante toda la temporada no detectó ningún patrón de agregación, concluyendo que no hay diferencias estadísticamente significativas que reflejen agregación de tortuga negra en el mar frente a la playa de Colola.

## **MÉTODOS**

Se estimó el patrón de distribución temporal y espacial de los individuos de la población de adultos de *C. agassizii* frente a la playa de Colola durante la temporada

de reproducción 2004-2005. El análisis del estudio se dividió en tres fases: primeramente distribución temporal y posteriormente espacial, finalmente se analizaron en conjunto los dos patrones de distribución temporal y espacial

Los eventos de muestreos se realizaron entre las 11:00 y 16:00 hrs. y se definieron de acuerdo a la ocurrencia y frecuencia de machos y hembras observados, en las cuatro salidas preliminares (ver capítulo IV), y las tendencias históricas de actividad anidatoria de tortuga negra en la playa de Colola Michoacán (Alvarado y Delgado, 2005).

### **Distribución temporal**

Se realizó dividiendo el estudio en tres periodos de muestreo con 10 eventos de muestreo por periodo:

- 1) 15 de septiembre al 15 de octubre
- 2) 16 de octubre al 15 de noviembre
- 3) 16 de noviembre al 15 de diciembre

Los eventos de muestreo se realizaron dentro de los 30 días de cada periodo, cuando las condiciones ambientales lo permitieron.

### **Distribución espacial**

Se definieron 10 cuadrantes de 500 x 500 metros, frente a la playa de Colola que mide 4800 metros lineales, mas una porción de aproximadamente 200 metros, ubicada en dirección Este de la playa, frente a las rocas que dividen la playa Xicuaza con la playa de Colola (Fig. 27). El total de los diez cuadrantes suman 5 mil metros lineales. El ancho de los cuadrantes fue de 500 metros dirección mar adentro, y fueron subdivididos con la ayuda de un GPS, cada cien metros en líneas paralelas a la playa, los cuales se les denominó subcuadrantes. El área que cubrieron los cuadrantes fue 250 hectáreas

### CUADRANTES Y SUB-CUADRANTES UBICADOS FRENTE A LA PLAYA COLOLA

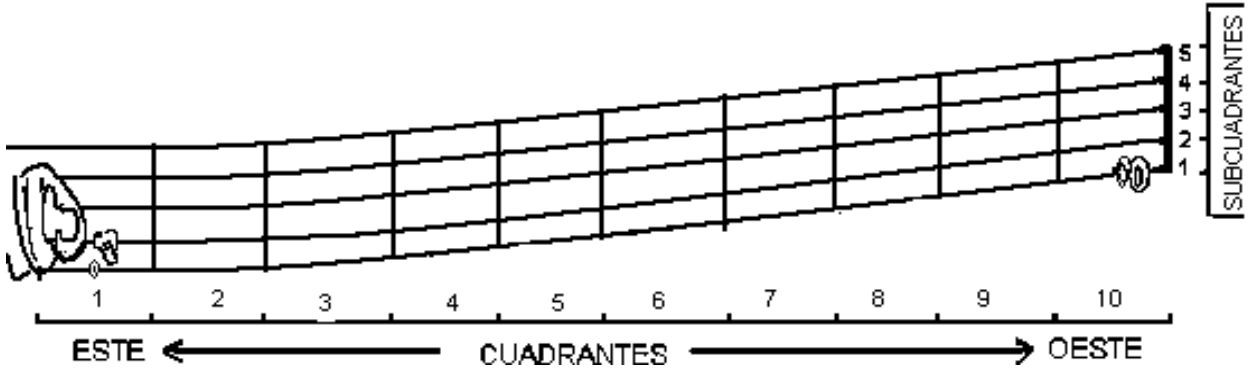


Figura 27. Cuadrantes de 500 mts x 500 mts. y subcuadrantes divididos cada 100 mts

Los criterios para establecer el ancho de los cuadrantes (500 metros) se basaron en las observaciones preeliminarias y la información obtenida de estudios previos realizados por biólogos de la Universidad Michoacana, así como de la experiencia de pescadores locales. Los registros se realizaron mediante contacto visual a bordo de una lancha con motor fuera de borda, iniciando de Este a Oeste, siguiendo un recorrido en forma de “zig zag” sobre los subcuadrantes 200 a 400 (figura 28)

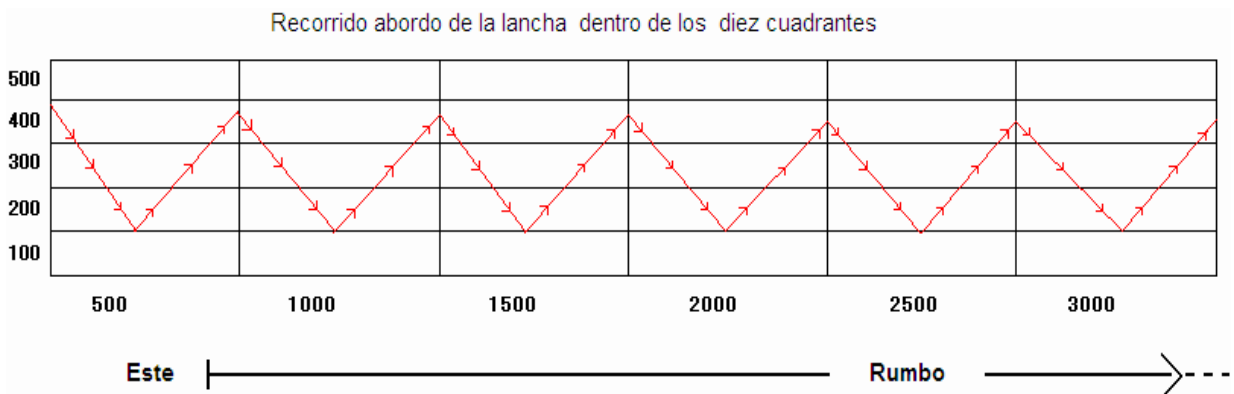


Figura 28. Dirección y ángulo de los recorridos realizados en los muestreos, en una lancha con motor fuera de borda

Los 30 muestreos se realizaron con un equipo integrado por cuatro personas, se invirtieron 150 horas de trabajo, con un total de 600 horas de Unidad de Esfuerzo de Muestreo (UEM) que corresponde a las horas de observación por persona obtenido de la siguiente forma:



$$\text{U.E.M.} = (O_1 * H_1) + (O_2 * H_2) + (O_3 * H_3) + (O_4 * H_4)$$

Donde: O = numero de observadores.

- H = numero de horas
- 

$$\text{U.E.M./día} = (O_1)(5 \text{ h/día}) + (O_2)(5 \text{ h/día}) + (O_3)(5 \text{ h/día}) + (O_4)(5 \text{ h/día}) = 20 \text{ horas/día}$$

$$\text{U.E.M./ total de muestreos (30)} (20 \text{ horas/día}) = 600$$

U.E.M. = Aproximadamente 600 horas de muestreo neto

Durante cada muestreo se registró: fecha, hora de salida, lugar, condiciones del mar, dirección de la corriente, marea (alta o baja), dirección del viento; hora del contacto visual, número individuos detectados, numero de cuadrante, distancia a la playa, actividad numero de machos, numero de hembras y observaciones ( Anexo 3). Los datos obtenidos se analizaron mediante índice de dispersión de Morisita, y varianza /media, con el programa Ecological methodology (krebs 1998)

## RESULTADOS

### Distribución temporal

El total de individuos registrados de tortuga negra fue de 2377, de los cuales 725 corresponden al primer periodo (24 sep-15 oct) y representan el 30.5% del total; en el segundo periodo (18oct-14nov), se incrementaron los avistamientos a 1051 individuos que corresponden al 44.29% y el tercer periodo, al final de la temporada (15 nov-15 dic) fue el mas bajo, al registrarse solo 599 observaciones que equivalen al 25% del total de registros. (Fig. 29).

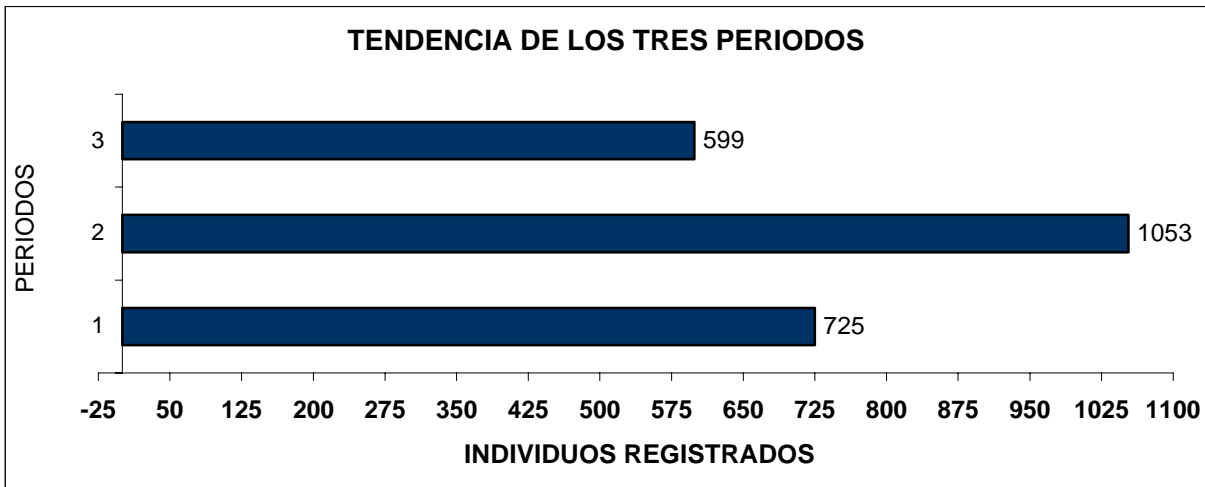


Figura 29. Distribución temporal de tortuga negra durante los tres periodos de muestreo

**Distribución temporal por sexo**

En los muestreos del primer periodo se registraron 395 machos que representan el 57%, y 226 hembras 31%, y 100 individuos a los cuales no fue posible identificar el sexo 13.8%. (Cuadro 10, Fig. 30)

En el segundo periodo 585 machos, que representan el 55.6%, 293 hembras el 27%, y 173 individuos no identificados el 16%. (Cuadro 11, fig. 31)

El tercer periodo 306 machos el 52%, 160 hembras, el 27% y 120 individuos no identificados 20 % siendo el periodo mas bajo de la temporada (Cuadro 12, Fig. 32)

Cuadro 10. Registro de individuos de tortuga negra, incluyendo machos, hembras y no identificados, durante el primer periodo de muestreo

MUESTREO	DIA	MACHOS	HEMBRAS	NO IDENT	TOTAL
1	24-SEP-04	22	14	9	45
2	29-SEP-04	26	18	9	53
3	05-OCT-04	38	24	9	71
4	07-OCT-04	35	25	8	68
5	08-OCT-04	43	26	11	80
6	10-OCT-04	45	20	12	77
7	11-OCT-04	39	24	7	70
8	12-OCT-04	42	28	15	85
9	14-OCT-04	54	26	6	86
10	15-OCT-04	51	21	14	86
	TOTAL	395	226	100	721

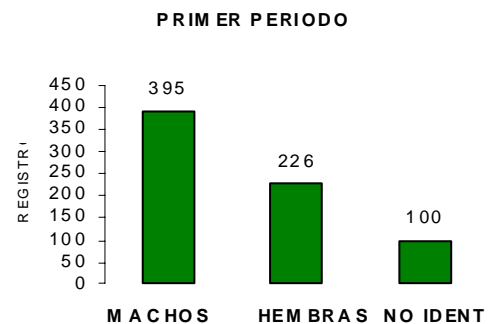


Figura 30. Registro de individuos de tortuga negra durante el primer periodo

Cuadro 11. Registros de individuos de tortuga negra, incluyendo machos, hembras y no identificados, durante el segundo periodo de muestreo

MUESTREO	DIA	MACHOS	HEMBRAS	NO IDENT	TOTAL
11	18-OCT-04	50	28	16	94
12	21-OCT-04	54	36	25	115
13	24-OCT-04	51	29	16	96
14	26-OCT-04	52	31	7	90
15	28-OCT-04	49	20	18	87
16	29-OCT-04	49	26	11	86
17	01-NOV-04	63	30	8	101
18	04-NOV-04	72	32	25	129
19	10-NOV-04	71	33	27	131
20	14-NOV-04	74	28	20	122
	TOTAL	585	293	173	1051

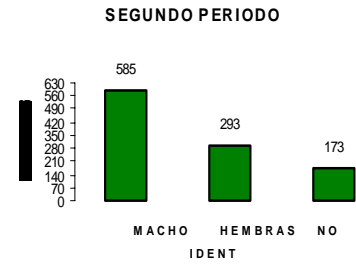


Figura 31. Registro de individuos de tortuga negra durante el segundo periodo

Cuadro 12. Registros de individuos de tortuga negra, incluyendo machos, hembras y no identificados, durante el tercer periodo de muestreo

MUESTREO	DIA	MACHOS	HEMBRAS	NO IDENT	TOTAL
21	15-NOV-04	41	18	9	68
22	17-NOV-04	35	17	11	63
23	19-NOV-04	31	16	16	63
24	23-NOV-04	26	10	16	52
25	27-NOV-04	21	14	9	44
26	30-NOV-04	16	10	9	35
27	05-DIC-04	27	17	7	51
28	09-DIC-04	27	20	6	53
29	14-DIC-04	48	15	19	82
30	15-DIC-04	34	23	18	75
	TOTAL	306	160	120	586

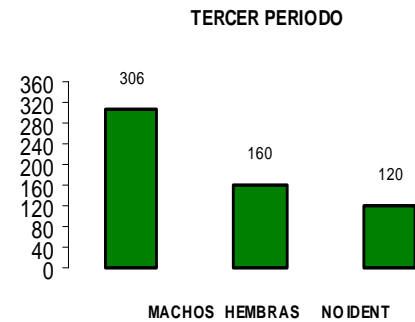


Figura 32. Registro de individuos de tortuga negra durante el tercer periodo

**Distribución espacial.**

Los resultados que obtuvimos de los registros de tortuga negra detectados durante el estudio fueron: 2377 registros de individuos dentro de los 10 cuadrantes de 500 x 500 situados frente a la playa de Colola

### Patrón de distribución observado en los cuadrantes

En el cuadrante numero uno (Este de la playa Colola) se detectaron 20 individuos (.84%); segundo cuadrante 59 el 2.48%; en el tercero 105 el 4.41%; en el cuarto 124 el 5.19%; en el quinto 231 el 9.71%; en el sexto 256 el 10.76%; en el séptimo 223 el 9.37%; en el octavo 256 el 10.76%; en el noveno 438 el 18.36%; y en el décimo (Oeste de la playa Colola) 667 que representa el 28.04%. (Fig. 33).

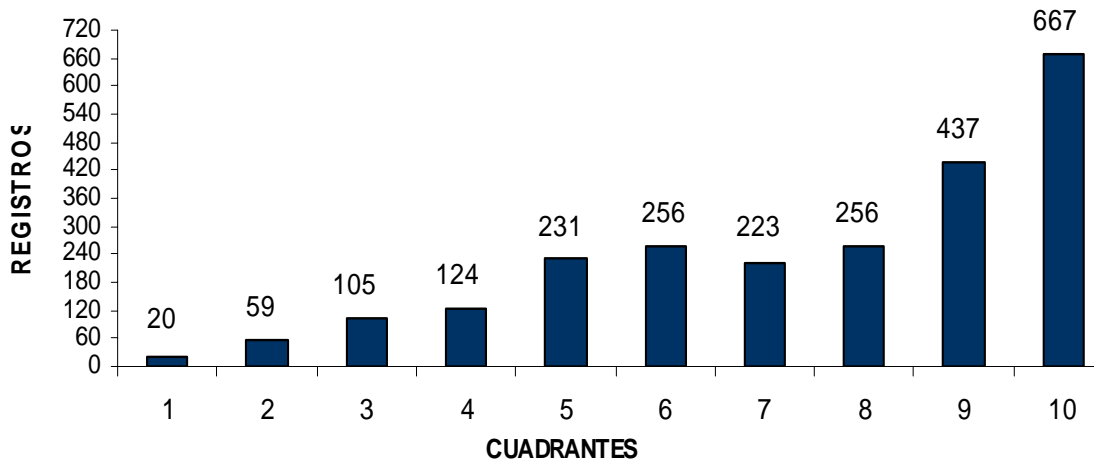


Figura 33. Distribución espacial en los cuadrantes

### Patrón de distribución observado en los Subcuadrantes

Se observó mayor cantidad, los primeros 100 metros, con registros de 1143 individuos (48%); a los 200 metros se registraron 701 individuos el 29%; en los trescientos metros 348 individuos el 14.7%; en los 400 metros el 5.7%, y a los 500 metros 39 individuos que representan el 1.6% (Fig. 34).

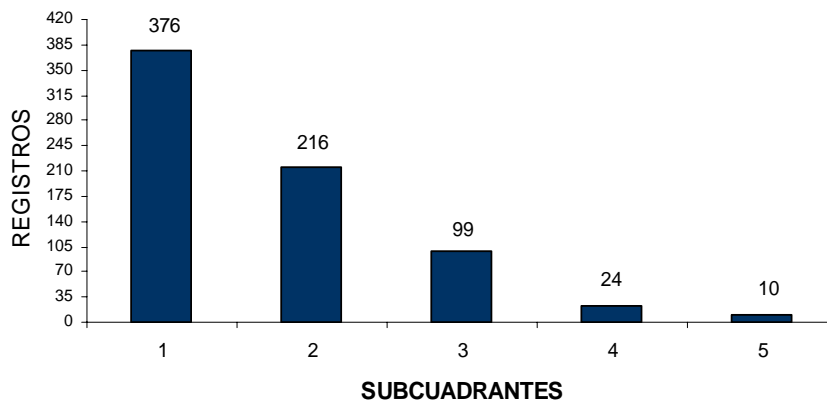


Figura 34. Distribución espacial en los subcuadrantes

Se anexa a continuación el Mapa de distribución de *C. agassizii* sobre los cuadrantes y subcuadrantes, en el que se señalan gráficamente los registros acumulados de machos, hembras y no identificados durante el estudio (Fig. 35)

### Análisis de la distribución espacial

Mediante el método varianza/media, los resultados muestran valores progresivamente descendientes, desde los cuadrantes superiores, con rangos de .002 en el cuadrante diez, hasta .027 en el primer cuadrante y una pequeña curva negativa en los cuadrantes cinco y seis con un valores de .017 para ambos, esto indica mayor agregación que en los cuadrantes siete y ocho, posteriormente muestra el mismo patrón ascendente con una marcada disminución en los valores de los cuadrantes nueve y 10, lo que indica un patrón de agregación superior en estos dos últimos cuadrantes.

Los resultados muestran varianza de 381.71, valor superior al de la media 234.6 (cuadro 23.), lo que indica que *C. agassizii* presenta patrones con una distribución espacial agregada en los cuadrantes ubicados al extremo Oeste de la playa Colola, con el índice de dispersión de Morisita 1.621 lo que corresponde a una distribución que se ajusta a un modelo binomial negativo, con un valor de  $K= 1.35$  (Cuadro 13, Fig. 36).

Cuadro 13. Resultados del análisis de distribución

MEDIA DE LA MUESTRA	234.6
VARIANZA	381.71
CHI CUADRADA VAR/MEDIA =1	1464
INDICE DE DISPERSIONE MORISITA	1.621
BINOMIAL NEGATIVO DE K	1.35

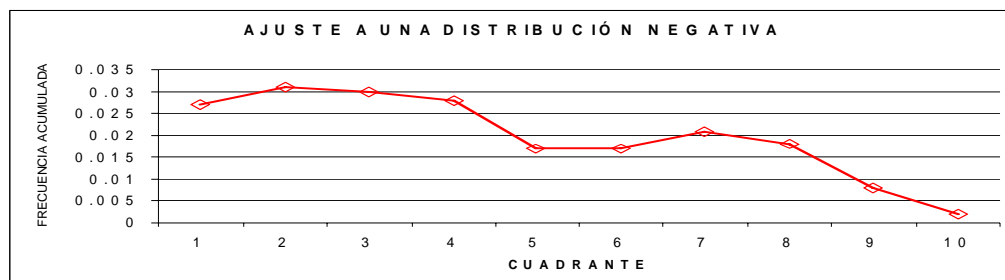


Figura 36. Ajuste a una distribución negativa

## Distribución espacio- temporal

### Primer periodo (24 de Septiembre- 15 de Octubre)

Durante el primer periodo se detectaron mayor cantidad de machos en los cuadrantes nueve y diez (Oeste de la playa) con 146 y 63 individuos, conforme se desciende en el número de cuadrante en dirección este de la playa, disminuye gradualmente el número de individuos, con 26 y 21 registros en los cuadrantes ocho y siete, hasta llegar a los cuadrantes seis y cinco donde se muestra un incremento con 34 y 50 individuos registrados. Posteriormente se presenta la misma tendencia, al descender en el numero de individuos hasta llegar a tres registros de machos en el cuadrante numero uno, ubicado al extremo Este de la playa. Se detecto una fluctuación, con rangos máximo de 146 machos, equivalente a el 38.5% en el cuadrante 10, al mínimo de tres registros equivalente al .79 %, en el cuadrante numero uno (Cuadro 14 y Fig. 37).

Las hembras mostraron menor variación en número, dentro de los cuadrantes, en el cuadrante diez se detectaron mayor cantidad, con 52 registros, disminuyendo a 38 en el cuadrante nueve, posteriormente disminuye en el cuadrante ocho a 24 hembras, en el siete aumento el número de hembras a 25 por 21 machos. Los rangos del número de hembras detectadas dentro de los cuadrantes fueron de 52 en el cuadrante 10, a cuatro hembras en el cuadrante numero uno

**Cuadro 14. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los cuadrantes, durante el primer periodo de muestreo**

CUADRANTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
REGISTRO	8	27	38	29	106	65	55	58	120	219
%	8.25	3.74	5.24	4	14.6	8.9	7.5	8	15.55	30.2

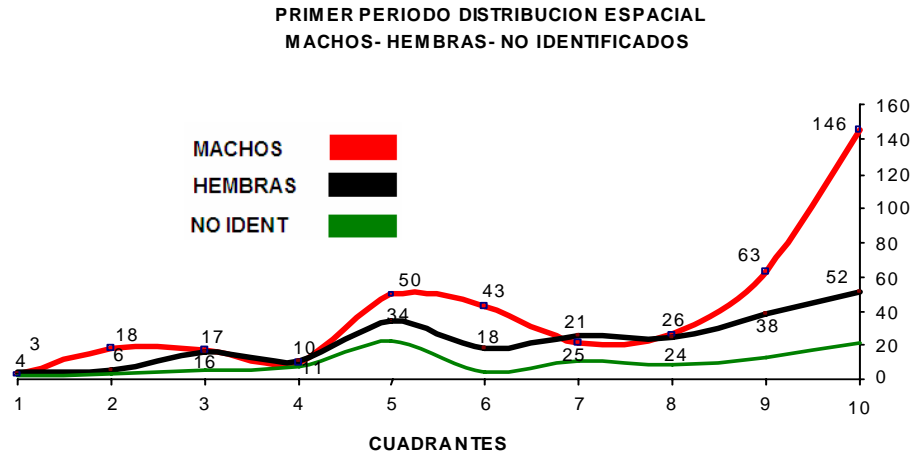
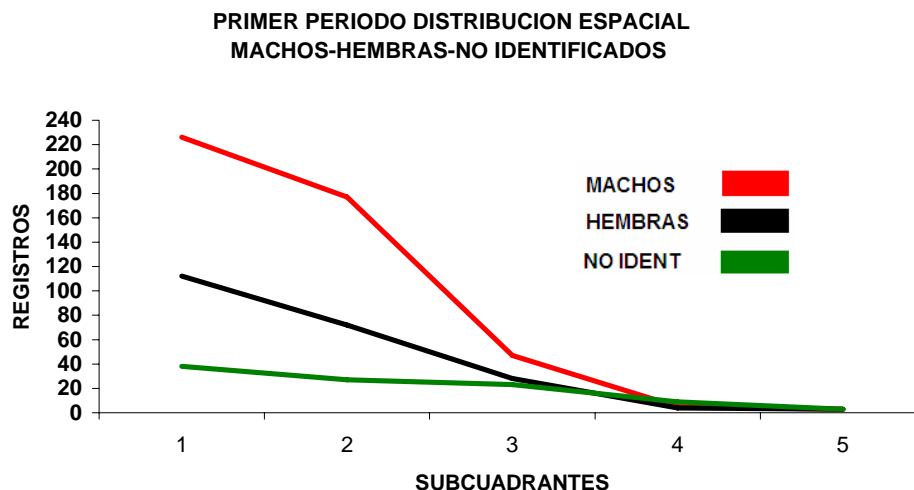


Figura 37. Distribución espacial de machos, hembras y no identificados, en los diez cuadrantes durante el primer periodo de muestreo

Dividiendo los cuadrantes cada 100 m en línea paralela a la playa se detectó una tendencia de agregación en los subcuadrantes 100 (ubicado inmediato a la playa) con el 51.8 % de los registros, disminuyendo sucesivamente hasta el subcuadrante cinco con el 1.3 % del total de los registros. Esta tendencia se muestra de igual manera para hembras machos y no identificados (Cuadro 15 y Fig. 38)

**Cuadro 15. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los subcuadrantes, durante el primer periodo de muestreo**

MTS	1	2	3	4	5
REGISTRO	376	216	99	24	10
%	51.8	29.7	13.6	3.31	1.3



**Figura 38. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los subcuadrantes, durante el primer periodo de muestreo**

### **Segundo periodo (18 de Octubre -14 de Noviembre).**

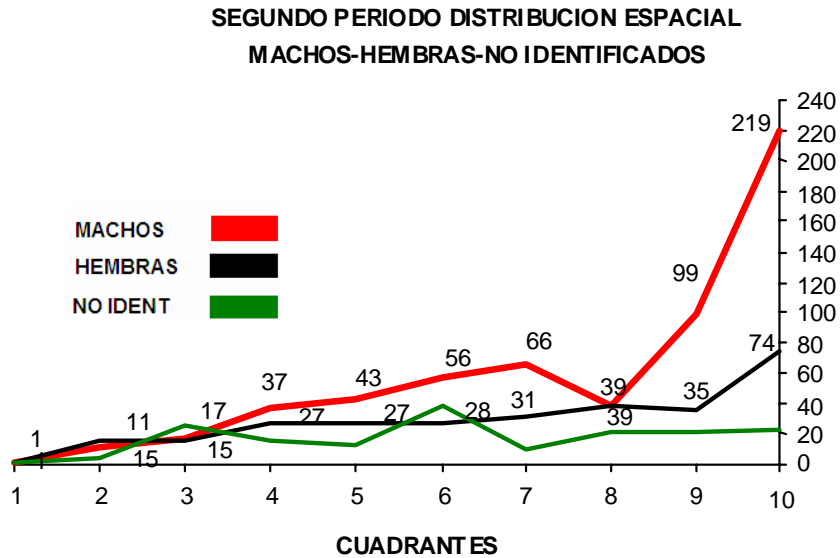
Aunque se incremento considerablemente la cantidad de individuos detectados respecto al primer periodo, se observó la misma tendencia en la distribución espacial, con mayor cantidad de machos en los cuadrantes nueve y diez ubicados a oeste de la playa, y disminución gradual hasta llegar a los cuadrantes inferiores ubicados al este de la playa, con un máximo de 219 machos en el cuadrante 10, ubicado en el extremo oeste, y mínimo de un macho en el cuadrante número uno. A diferencia del primer periodo, es el considerable la curva con tendencia positiva, producto del incremento en el número de machos en el cuadrante ocho, con 39 individuos, para volver posteriormente a la misma tendencia descendiente hasta los cuadrantes ubicados en el extremo Este de la playa cuadro. Las hembras mostraron una tendencia similar aun que con menos agregación que en el caso de los machos, detectándose un máximo de 74 hembras en el cuadrante 10 y un mínimo de una hembra en el cuadrante uno (Cuadro 16 y Fig. 39).

El primer subcuadrante (100 mts) se registró el 58 % de individuos, disminuyendo sucesivamente hasta el subcuadrante cinco con el 1.2 % del total de los registros. Esta tendencia se muestra de igual manera para hembras machos y no identificados (Fig.40)

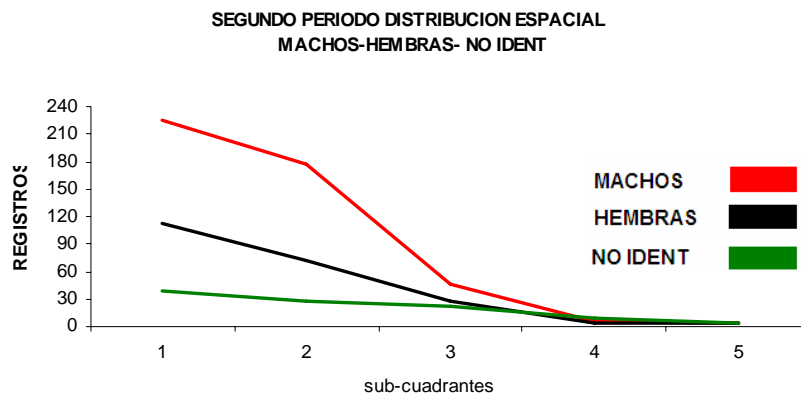


**Cuadro 16. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los subcuadrantes, durante el segundo periodo de muestreo**

CUADRANTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
REGISTOS	6	30	58	78	83	122	107	99	155	316
%	0.56	2.85	5.51	7.42	7.89	11.6	10.1	9.41	14.74	30



**Figura 39. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los subcuadrantes, durante el segundo periodo de muestreo.**



**Figura 40. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los subcuadrantes, durante el segundo periodo de muestreo**

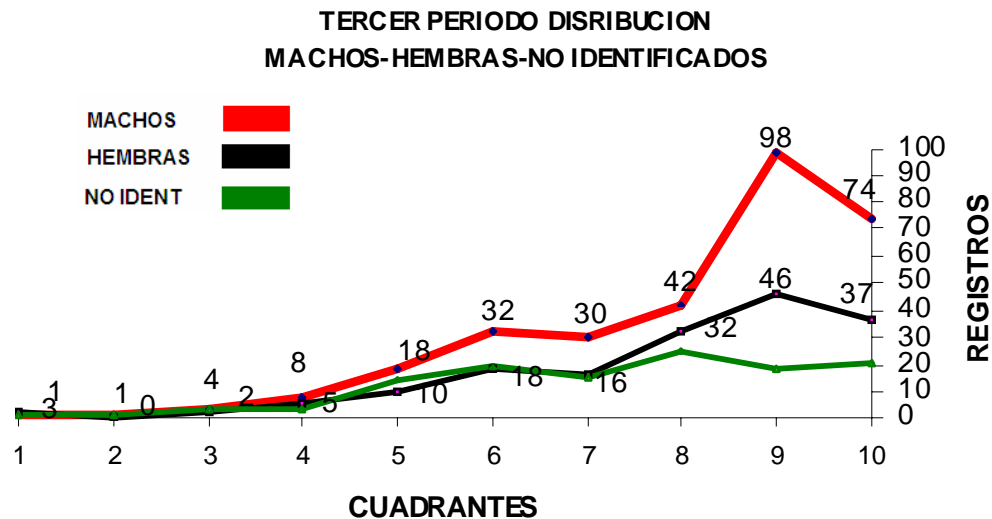
**Tercer periodo de muestreo (15 noviembre- 15 de diciembre).**

A diferencia de los periodos uno y dos, en el tercer periodo se detectaron la mayor cantidad de machos en el cuadrante nueve, con 98 individuos y 74 en el cuadrante 10, para regresar a la misma tendencia gradualmente descendiente similar al de los primeros dos periodos. En este periodo permaneció la misma tendencia en hembras que en los otros dos periodos, sin embargo, al igual que los machos se presento una ligera curva con tendencia positiva en el cuadrante nueve (cuadro 17 y Fig. 41)

En el primer subcuadrante (100 ubicado inmediato a la playa) con el 48 % de los registros, disminuyendo sucesivamente hasta el subcuadrante cinco con el .67 % del total de los registros (cuadro 18, Fig.42).

**Cuadro 17. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, dentro de los cuadrantes, durante el segundo periodo de muestreo**

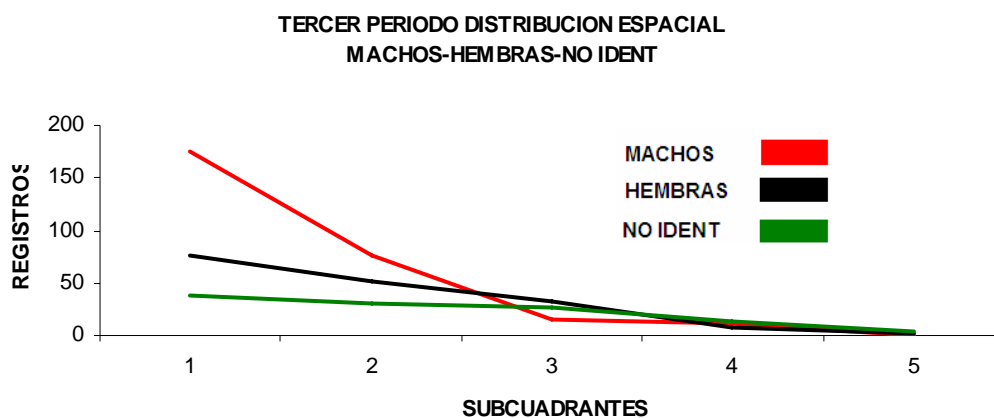
CUADRANTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
REGISTRO	6	2	9	17	42	69	61	99	162	132
%	1	0.3	1.5	2.8	7	11.5	10.1	16.5	27	22



**Figura 41. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, en los cuadrantes, durante el segundo periodo de muestreo**

**Cuadro 18. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, dentro de los subcuadrantes, durante el tercer periodo de muestreo**

MTS	1	2	3	4	5
REGISTRO	289	180	87	30	4
%	48.9	30.5	14.74	5	0.67



**Figura 42. Distribución espacial de machos, hembras y no identificada, dentro de los subcuadrantes, durante el tercer periodo de muestreo**

## DISCUSIÓN

### Distribución temporal

En los 30 muestreos llevados a cabo en este estudio registré 2378 individuos, diferenciando machos, hembras y sexo no identificado, durante los tres periodos de muestreo, en los 10 cuadrantes subdivididos cada 100 m en dirección mar adentro. Al inicio de la temporada se detectaron mayor proporción de machos (57%) respecto a las hembras, lo que sugiere que la cantidad de hembras receptivas se va incrementando conforme avanza la temporada hasta llegar al pico máximo de nidación y el número de machos detectados se mantiene ligeramente más estable, lo cual sugiere, que aun que la cantidad de machos aumenta en forma proporcional con el número de hembras, y el número proporcional de machos se mantiene menos

variable al principio y media temporada, posiblemente se debe a que los machos tienen menor gasto energético durante actividades reproductivas, lo cual significa mayor capacidad para permanecer tiempos prolongados en las zonas en que existen altas probabilidades de fecundar la mayor cantidad de hembras.

### **Distribución espacial**

El patrón agregado detectado en la población de tortuga negra frente a la playa de Colola, indica la presencia de interacciones entre individuos y preferencia de los mismos, por alguna o varias características que diferencian una zona de otra dentro del medio. Al considerarse los factores intrínsecos de la especie, la tendencia a agregarse puede ser muy probablemente consecuencia de interacciones reproductivas. Analizando los resultados sobre la distribución espacial de tortuga *C. agassizii* con la metodología utilizada en este estudio, encontré que no existe un patrón de distribución regular o aleatoria como indica Armas (2002), pues una distribución regular está asociada a una repulsión entre los animales (Taylor, 1984), y tomando en cuenta que este estudio, en el área y periodo del año más importante de reproducción de esta especie, es poco probable la ausencia de interacciones entre los individuos. Para que exista la posibilidad de encontrar individuos de esta población dispersos homogéneamente es necesario que el espacio ofrezca las mismas condiciones, así mismo que la presencia de ningún individuo influya de alguna manera en atracción o segregación sobre otro (Márquez, 2000)

La mayor cantidad de individuos detectados en los cuadrantes cercanos a la roca ubicada en el Oeste, fueron individuos que se encontraban en competencia intraespecífica y cortejo, mostrando tendencias en el número de machos por hembra gradualmente descendiente conforme se alejaban a los cuadrantes inferiores ubicados en dirección Este.

Para explicar esta tendencia, se puede tomar en cuenta que las corrientes del mar en el 98 % de los muestreos, tenían la dirección de Oeste a Este y la mayoría de las interacciones entre individuos comienzan en la porción Oeste y al consumarse la

selección y un individuo logra montar a la hembra, la mancuerna se concentran totalmente en copular y son arrastrados gradualmente por la corriente a los cuadrantes ubicados en el lado Este de la playa; conjuntamente llevados por el oleaje, cerca de la playa. (Cuadro 19 y Fig. 43). Esta hipótesis se puede apoyar también por la disminución de machos acompañantes o satélites que muestran disminución en número conforme se van alejando de la porción Oeste de la playa, pues al consumarse la selección y un macho logra montar a la hembra, los individuos competidores que no tuvieron éxito, pierden el interés, y dejan de interferir, posiblemente para regresar a los lugares donde se ubican la mayor cantidad de hembras receptivas, observándose así una disminución gradual de competidores hasta llegar a los cuadrantes cercanos a la porción Este de la playa, donde se detectan pocos individuos interfiriendo sobre la pareja copulando, influyendo también en el radio sexual operativo.

Cuadro 19. Número y porcentaje de mancuernas detectadas copulando sobre los cuadrantes

CUADRANTE	MANCUERNAS	%
1	0	0%
2	2	1.2%
3	3	1.9%
4	9	5.6%
5	22	13.6%
6	18	11.0%
7	19	11.5%
8	18	11.0%
9	39	24.0%
10	31	19.0%
TOTAL	161	100%

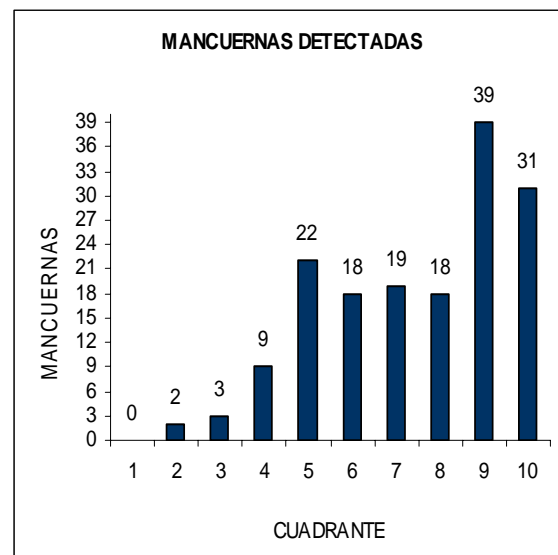


Figura 43. Mancuernas detectadas sobre los cuadrantes

Una de las posibles causas de esta agregación en la parte Oeste de la playa, puede ser explicada en función a las altas cantidades de tortugas anidando en la porción Oeste de la playa, pues existe una correlación positiva entre el número de tortugas

---

copulando durante el día, y el número de tortugas que anidan durante la noche. De igual forma algunas tortugas que fueron registradas anidando en la noche, fueron detectadas copulando en el día, en sitios inmediatamente adyacentes a donde salieron a anidar posterior a la copula (Armas, 2002) y tomando en cuenta que en la zona Oeste, donde se ubican los transectos ocho, nueve y diez, son los más productivos respecto a cantidad de hembras anidando, se puede esperar que las interacciones entre machos y hembras se lleven a cabo en mayor proporción en estas zonas

No se puede concluir por que las hembras se distribuyen en estas áreas, sin embargo se puede sugerir que al ser la parte más alejada a la población, las hembras estén evitando la interferencia humana, y que la distribución de los machos se rige en función por la distribución de las hembras receptoras.

---

## CONCLUSIONES

1. La abundancia poblacional de machos adultos de tortuga negra durante la temporada 2004-2005, en Colola, se estimó en 521 individuos, con límites de confianza de 1,148 a 230 individuos.

2. Se encontró poca variación en los caracteres morfométricos en los machos medidos. Los coeficientes de variación fueron en general bajos, la variación más alta se reflejó en la variable PESO con CV =14. 2%, la variación mínima se observó en el Largo Recto de Carapacho con un CV de 4.7%. El porcentaje de variación acumulado es de 8.9%, por lo que se puede afirmar que la población de machos estudiada, morfométricamente es poco variable, ya que el tamaño de individuos sexualmente activos, presenta una frecuencia de distribución de clases compactas en las medias. Se concluye que el morfotipo de los machos de esta especie corresponde a la descrita en este estudio.

3. En *Chelonia agassizii* existe dimorfismo sexual. A excepción del tamaño de la cola de los machos, que es el carácter sexual secundario mas evidente; la anchura media de la cabeza, que en proporción al tamaño corporal es superior en machos que en hembras y la presencia de uñas en las cuatro aletas, sugiere que tanto la cola como el tamaño de la cabeza y las uñas son rasgos que probablemente puede influir en la selección sexual epigámica.

4. La temperatura promedio en las playas de anidación Colola y playas adyacentes, producen 5:1 machos-hembras (Andrade, 2002), sesgo que se reduce en la edad adulta a 3:1, este ajuste, se explica en cuatro factores esenciales que afectan la proporción sexual:

a) Crecimiento precoz de los machos. A juzgar por las tallas se puede sugerir que los machos maduran sexualmente más rápido que las hembras.

b) Menor inversión de los machos en la reproducción. Permite que el sesgo en la proporción, se equilibre durante la reproducción.

c) Mayor vulnerabilidad de las hembras. Se exponen a depredadores en las playas de anidación y el tamaño mayor y peso de las hembras las hacen más vulnerables a la depredación.

d) Radio sexual operativo. Las hembras se encuentran receptivas intermitentemente, mientras que los machos permanecen receptivos toda la temporada.

Tomando en cuenta estos factores, se puede sugerir que en términos evolutivos esta proporción es aceptable, y que las matanzas de machos ocurridas en la década de 1980, no influyeron de forma significativa sobre las poblaciones de Michoacán. Sin embargo, tomando en cuenta la teoría de 1:1 de la alocaión sexual (Charnov, 1982), se puede pensar en efectos negativos a largo plazo sobre la población, ya que una población que contenga una proporción sesgada en favor de un sexo, no es evolutivamente estable.

**5.** Se encontró una relación inversa entre el radio sexual de adultos de 3:1 (Hembra – macho) y el radio sexual operativo de 1:3 (hembra- macho), esta variación se explica con tres factores principales

A) La proporción de hembras es superior que los machos, sin embargo no se encuentran receptivas al mismo tiempo, ya que solo aproximadamente una de cada nueve hembras, se encuentra receptiva en cierto momento.

B) Los machos pueden ser más abundantes durante el cortejo, competencia, interferencia y copula, ya que estos intentan maximizar su éxito reproductivo copulando con el mayor número de hembras posibles, por lo tanto, estos intentarán acceder a las hembras con más frecuencia lo que implica permanecer periodos de tiempo prolongados en zonas de reproducción mientras existan hembras reproductoras en la zona.

C) Aunque no es clara la existencia de competencia intrasexual que indique patrones de dominancia entre los machos, los machos que logran montar a las hembras sufren de una intensa interferencia de cópula por parte de machos satélites, que



tratarán de evitar que algunos machos copulen más frecuentemente y de esta manera incrementar su propio éxito reproductivo.

**6.** Durante la temporada de anidación, el ratio sexual operativo fue de tres machos por una hembra. Así mismo, se encontraron patrones variables en el ratio sexual durante tres periodos de en que fue dividido el estudio. Al inicio de la temporada el Ratio sexual operativo fue de 2.8:1; en la mitad de la temporada es 3:1 y al final de la temporada el número de machos en proporción a las hembras aumentó a 3.3: 1. Estas variaciones en la proporción a lo largo de la temporada posiblemente se deben a que existe un desequilibrio en la inversión reproductiva. Las hembras permanecen en las zonas de nidación solo el tiempo suficiente para desovar, a diferencia de los machos que tienen un potencial para producir crías con menor inversión, lo que les permite permanecer más tiempo en las playas de nidación. Otro factor que influye es que en un momento determinado de la temporada de reproducción, varía el número de hembras receptivas, y el número de machos que intentan aparearse fluctúa muy poco, así los machos que no lograron acceder a las hembras en determinado tiempo permanecerán lo suficiente para copular y realizar interferencia de cópula.

**7.** Distribución espacial de adultos de tortuga negra frente a la playa de Colola, muestra una clara agregación en los sitios cercanos al extremo Oeste de la playa, disminuyendo progresivamente conforme nos acercamos al extremo Este. Esta distribución espacial es similar a la distribución de las nidadas en la playa de anidación ya que al parecer, las hembras prefieren copular en sitios inmediatos al sitio donde salen a desovar por la noche. Se puede concluir que las hembras determinan la distribución espacial de los machos reproductores debido a que estos se concentran donde se encuentran las hembras receptivas.

**8.** El número de adultos reproductores de tortuga negra fluctúa durante la temporada reproductiva, al principio de la temporada se registraron 599 individuos entre machos y hembras, incrementándose a media temporada a 1503 individuos y disminuyendo al final de la temporada con 725 individuos registrados. Se puede concluir que la abundancia poblacional de adultos reproductores durante los tres periodos de estudio fluctúa en función al número de hembras presentes en la zona.

---

**BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- **Alarcón, P., Acosta A. y Fuentes A. 2002.** Caracoles Marinos. Colecta, conservación e identificación de los gasterópodos más comunes de Michoacán. UMSNH, Gobierno del Estado de Michoacán a través de SUMA, CIDEM y Comisión estatal de Pesca del. Michoacán, México.
- **Alvarado, J y A. Figueroa. 1992.** Recapturas post-anidatorias de hembras de tortuga negra (*Chelonia agassizii*) marcadas en Michoacán, México. Biotropica 24: 560 566.
- **Alvarado, J y Figueroa, A. 1991.** Comportamiento Reproductivo de la Tortuga Negra *Chelonia Agassizii*. Ciencia y Desarrollo. XVII: 43-49.
- **Alvarado, J. y Figueroa, A. 1985.** Ecología y conservación de las tortugas marinas de Michoacán, México I. Cuadernos de Investigación. U.M.S.N.H. No.4. 44 pp.
- **Alvarado, J. y Figueroa, A. 1986.** The ecological recovery of the sea turtles of Michoacán, Mexico. Special attention: the black turtle (*Chelonia agassizii*). Final Report to U. S. FWS/Endangered Species and WWF-USA.
- **Alvarado, J. y Figueroa, A. 1989.** Madurez sexual tardía de las tortugas marinas. Ciencia y Desarrollo. Vol.XV (89):59-63.
- **Alvarado, J. y Figueroa, A. 1990.** The ecological recovery of sea turtles of Michoacan, Mexico. Special attention: the black turtle, *Chelonia agassizii*. Report to U.S. Fish and Wildlife Service and World Wildlife Fund-U.S. August 1990. 88 pp.
- **Alvarado, J. y Figueroa, A. 1985.** Ecología y conservación de las tortugas marinas de Michoacán, México I. Cuadernos de Investigación. U.M.S.N.H. No.4. 44 pp.
- **Alvarado, J. y Figueroa, A. 1989.** Ecología y conservación de las tortugas marinas de Michoacán, México II. Cuadernos de Investigación. U.M.S.N.H. No.7. 72 pp.
- **Alvarado, J. y Murphy, T. M. 1999.** Nesting periodicity and internesting behavior. In: K. L.
- **Andrade, G. 2002.** Proporción sexual natural de crías de tortuga marina *Chelonia agassizii* (Boucourt 1968) en Michoacán México. Tesis de Licenciatura, Facultad de biología, UMSNH. Morelia, Michoacán.
- **Andrews. 1982.** patrones de crecimiento en reptiles. Biology of the reptila vol 13.
- **Gardner, A., David J., Allsop, E., Charnov, L. y Stuart West, A. 2005.** "A Dimensionless Invariant for Relative Size at Sex Change in Animals: Explanation and Implications" vol. 165, no. 5 the American naturalist may 2005.

- **Mariscal, A. 2003.** Avances del monitoreo de tortuga prieta *Chelonia mydas* 2001-2003 UABCS.
- **Armas, M. E. 2000.** patrones Espacio- Temporales de Actividad y Proporción Sexual Durante el Cortejo de *Chelonia Agassizii*. Tesis profesional de biólogo, UMSNH. Morelia, Michoacán, México.
- **Avery, H. W., J. R. Spotila, J. D. Congdon, R. V. Ficsher Jr., Standora, E. A. y S. Avery, B. 1993.** Roles of diet protein and temperature in the growth and nutritional energetics of juveniles of juvenile slider turtles, *Trachemys scripta* physiological Zoology 66: 902-925 pp.
- **Bjorndal, K. 1985.** Nutritional Ecology of Sea Turtles. Copeia 1985 (3): 736-751.
- **Boot, J. Y Peters, J.A. 1972.** Behavioural studies on the green turtle (*Chelonia Midas*) in the sea. Animal Behaviour. 20:808-812.
- **Bowen, B. W. y Kart, S. A. 1996.** Populations genetics, phylogeography, and molecular evolution, pp.29-50. In: P. L. Lutz y J. Murphy Musick (Editores). The Biology of Sea Turtles. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- **Brooks y Jennions, M.D. 1999.** Dark side of the sexual selection- trends of ecol. evol. 14: 336- 337
- **Brooks, R y Michael D.J. 1999.** The dark side of sexual selection. Trenches in Ecology & Evolution. 336-337 pp.
- **Brown, 1994.** Growth rates, reproductive output, and temperature selection of snapping turtles in habitats different reproductivity. Journal herpetology 28:405.
- **Bryan, F. y manly, J. 1994.** Multivariate Statical Methods Department of Mathematics and Statics University of Otago New Zeland.
- **Bull et al. 1982.** Heritability of Sex Ratio in Turtles with Environmental Sex Determination, M. G. Bulmer Evolution, Vol. 36, No. 2, pp. 333-341
- **Bull J.J., 1980 .** Sex determination in reptiles. Quart. Rev. Biol., 55, p. 3-21.
- **Caine, E.A. 1986.** Carapace epibionts of nesting loggerhead sea turtles: Atlantic coast of U.S.A. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 95: 15-26.
- **Carlos E. Diez y Robert P. van Dam. 1993.** Sex Ratio of an Immature Hawksbill Seaturtle Aggregation at Mona Island, Puerto Rico. Journal of Herpetology: Vol. 37, No. 3, pp. 533–537
- **Carlos E. Diez, Robert P. van Dam y Guillermo Archibold. 2002.** Censo Acuático de las Tortugas Carey en Kuna Yala, Panamá Noticiero de Tortugas Marinas, 3 1 -11 No.96.

- **Carr, A. 1952.** Handbook of Turtles. Ithaca, New York, Cornell Univ. Press. 542 pp.
- **Carr, A. 1964.** Los Reptiles. Colección de la Naturaleza de Life en Español. 192 pp.
- **Carrillo, E., Webb, G. J. W. y Manolis, S. C. 1999.** “Hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) in Cuba: An assessment of the historical harvest and its impacts”, en *Chelonian Conservation and Biology* 3 (2): 264- 280.
- **Chaloupka, M.Y. y Musick J.A.1997.** Age, Growth, and population dynamics p. 233-276, en P.L.Lutz y J.A. Musick, *the Biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Raton; Florida.
- **Charnier, M. 1966.** Action de la température sur la sex-ratio embryon *Agama agama* (*Agamidae*, *Lacertilien*) C.R. Soc, Biol. Paris, 160, p. 620-622.
- **Charnov, 1982.** *The theory of sex allocation*. Princeton, University Press, Princeton, NJ.
- **Chassin, O. N. 2002.** estructura genética y sistemática molecular de la tortuga negra *Chelonia mydas* ( Linneaus 1758) del Estado de Michoacán México. Tesis de Maestria. Instituto de ecología UNAM.
- **Cliffton, K; Cornejo, D. y Felger, S. 1982.** Sea turtles of the pacific coast in México. En *biology and conservation of sea turtle*. Bjurnal, K (editor) smithonian Institucion press. Washington D.C.
- **Clutton-Brock, T.H. and A.C.J. Vincent. 1991.** Sexual selection and the potential reproductive rates of males and females. *Nature Lond.* 351:58-60.
- **Cogger, H.G. 1975.** Sea snake of Australia and New Guinea. In: Dunson, W.A. (Ed.). *Biology of sea snakes*. University Park Press, Baltimore.
- **Cogger, H.G. 1992.** *Reptiles and Amphibians of Australia*. Reed Books, Chatswood, New South Wales.
- **Cormack, R. M. 1979** Models for capture and recapture P 217- 255. en R.M. Cormack, G Patil y D.S. Robson, *Sampling Biological Populations*. Internacional Cooperative Publishing House, Fairlan Mryland.
- **Cornelius, S. 1986.** The sea turtles of Santa Rosa National Park. Fundación de Parques Nacionales, Costa Rica. 64 pp.
- **Cox, D. R., Epstein, L. B. y Epstein, C. J. 1980.** *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 77, 2168-2172.
- **Darwin, 1871.** *The desendent of man and selection in relation to sex*, 1st edition, Murriay, London.

- **Díaz, D. 2003.** Guía didáctica para el conocimiento de la flora y fauna de la región del faro de Brucerías, Aquila Michoacán, México. Gobierno del Estado de Michoacán, Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente, Consejo Nacional Para La cultura y las Artes y UMSNH, México.
- **Diez, C. E. y Van Dam, R. P. 1993.** Sex Ratio of an Immature Hawksbill Seaturtle Aggregation at Mona Island, Puerto Rico. *Journal of Herpetology*: Vol. 37, No. 3, pp. 533–537.
- **Dodd, K. 1988;** (datos biológicos sobre la tortuga loggerhead (*Caretta caretta*) (Linnaeus, 1758). Informe Biológico 88 (4). Sinopsis NMFS - 149 de FAO. Industrias pesqueras y servicio de la fauna, departamento del interior, Washington de los E.E.U.U.. 110pp.
- **D.O.F. 1986.** Decreto por el que se determinan como Zonas de Reserva y Sitios de Refugio para la protección, conservación, repoblación, desarrollo y control de las diversas especies de tortuga marina, los lugares donde anida y desovan dichas especies. *Diario Oficial de la Federación*. México, octubre 29. 1986.
- **D.O.F. 1990.** Acuerdo por el que se establece veda total para todas las especies y subespecies de tortugas marinas en aguas de jurisdicción nacional de los litorales del Océano Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe. *Diario Oficial de la Federación*, México. Mayo 31.
- **D.O.F. 1993.** Norma Oficial Mexicana 002-PESC-1993, para ordenar el aprovechamiento de las especies de camarón en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. *Diario Oficial de la Federación*, México. Diciembre 31.
- **Eberhard, W. G. 1996** Female control: sexual selection by cryptic female choice. Princeton: Princeton University Press.. 501 pp.
- **Eckert, K. A. Bjorndal, Abreu-Grobois, F. A. y Donnelly, M. 1992.** Research and management techniques for the conservation of sea turtles. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No. 4, pp. 115-118.
- **Eckert, K.L. y Eckert S.A. 1988.** Pre-reproductive movements of Leatherback Sea turtles (*Dermochelys coriacea*) nesting in the Caribbean. *Copeia* 1988(2): 400-406.
- **Eckert, S. A. y Sarti, L. 1997.** Distant fisheries implicated in the loss of the world's largest leatherback nesting population. *Marine Turtle Newsletter* 78:2-7.
- **Elliot, J. M., 1977.** Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. *Freshwat. Biol. Ass. Sci. Publ.* 25. 156 p

- **Erickson, C. J. y Zenone, P. G. 1978.** Aggressive courtship as a means of avoiding cuckoldry. *Animal Behaviour* 26:307-308.
- **Figueroa, A. y Alvarado, J. 1991.** Morphometric comparison of the *Chelonia* populations of Michoacan, Mexico, and Tortuguero, Costa Rica. NOAA Tech. Memo. (NMFS-SEFC-278):179-182. U. S. Dept. Commerce.
- **Figueroa L. A. 1989.** Contribución a la determinación del status taxonómico de la tortuga negra (*Chelonia agassizi* Bocourt, 1868) de Michoacán, México. Tesis. Escuela de Biología. Universidad de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich.
- **Fisher, R. A. 1930.** The Genetical Theory of Natural Selection. Oxford. Clarendon Press pp. 145.
- **Frair, W., Ackman, R.G. y Mrosovsky, N. 1972.** Body Temperature of *Dermochelys coriacea* Warm Turtle from Cold Water. *Science* 177: 791-793.
- **Frazier, J. y Brito, J.L. 1990.** Incidental capture of marine turtles by the swordfish fishery at San Antonio, Chile. *Marine Turtle Newsletter* 49: 8-13.
- **Frazier, J. y Salas, S. 1983.** Tortugas Marinas del Pacífico Oriental: ¿El Recurso que nunca acabará?. Simposio Conservación y Manejo Fauna Silvestre Neotropical (IX CLAH, Perú): 87-98.
- **Frazier, J., D. Margaritoulis, K. Muldoon, C.W. Potter, J. Rosewater, C. Ruckdeschel y S. Salas. 1985.** Epizoan communities on marine turtles: I. Bivalve and gastropod mollusks. *Marine Ecology* 6(2): 127-140.
- **Frazier, J.G., I. Goodbody y Ruckdeschel, C... 1991.** Epizoan communities on marine turtles: II. Tunicates. *Bulletin of Marine Science* 48(3): 763-765.
- **Frick, M.G., K. Williams, D., Veljacic, L., Pierrard, J.A. Jackson y Knight, S. 2000.** Nuevas especies de epibiontes documentadas en tortugas camaguas (*Caretta caretta*) en Georgia, EEUU. *Noticiero de Tortugas Marinas* 88: 3-5.
- **Gaffney, E. S. 1975.** A phylogeny and classification of the higher categories of turtles. *Bull. Amer. Mus. Natur. Hist.* 155:387-436.
- **Gaffney, E. S. y Meylan, P. A. 1988.** A phylogeny of turtles, p.157-219. In: M. J. Benton (Editor), *The Phylogeny and Classification of Tetrapods*. Clarendon Press, Oxford.
- **Gaffney, E. S., y Zangerl, R. 1968.** A revision of the chelonian genus *Bothremys* (Pleurodira: Pelomedusidae). *Fieldiana: Geol.* 16: 193-239.
- **García, E. 1988.** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen. Cuarta edición. 217 p

- **González, A., Miranda L., Ortiz J.C. y Donoso J.M. 1999.** Presencia de Tortugas Marinas en las Costas de Chile. Museo Nacional de Historia Natural Montevideo, Uruguay. Nº 50: 67.
- **Groombridge, B y Luxmoore, R .1989.** The green turtle and Hwakkbill (reptilian cheloniidae) World status, exploration and trade. CITES Scretarat, Lausanne Swizerland. 601.p
- **Hirt H. 1997.** Multiple roles of AMP kinase in plant signal transduction. Trends in Plant Science 2:11
- **Karl, S. A. y Bowen, B. W. 1999.** Evolutionarily significant units versus geopolitical taxonomy: molecular systematics of an endangered sea turtle (genus *Chelonia*). Conservation Biology 13: en prensa. En libro azul
- **Krebs, C. J.1989.** Ecological Methodology. Harper Collins Publishers New York NY. 664 pp.
- **Krebs, J y Davies, N. 1993.** Sexual conflict and sexual selection. Capítulo 8 de An Intriduction yo Behavioral Ecology. Blackwell, Oxford.
- **Krebs, J.R. y Davies, N.B., 1997.** Behavioural Ecology. An Evolutionary Approach, Fourth Edition, Blackwell Science Ltd.
- **León, Y. M. y Diez, C. E. 1999.** "Population structure of hawksbill turtles on a foraging gound in the Dominican Republic", en Chelonian Conservation and Biology 3 (2): 230-236.
- Lescure, J. 1987. Tortues marines de l'Atlantique ouest. National Report for Martinique Western Atlantic
- **Lewontin R.C. 1985.** The Organism as the Subject and Object. En: Levins R., Lewontin R.C. (eds.). The Dialectical Biologist. Cambridge: Harvard University Press, 85-106
- **Limpus, C. J. 1992.** "The hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, in Queensland: Population structure within a southern Geat Barrier Reef feeding gound", en Wildlife Research 19: 489-506.
- **Limpus, C. J. y Reed, P. C. 1985.** The green turtle, *Chelonia mydas*, in Queensland: population structure in a coral reef feeding area. In: G. Grigg, R. Shine, and H. Ehmann (Eds.). Biology of Australian Frogs and Reptiles. Surrey Beatty and Sons, Sydney. pp.47-52.
- **Limpus, C.J. 1985.** A study of the loggerhead turtle, *Caretta caretta*, in eastern Australia, P.h. D thesis. The University of Queensland, Brisbane, Australia.

- **Lovich, E. y Gibbons, J. W. 1990.** La edad en la madurez influencia cociente del sexo del adulto en la tortuga acuática de Malaclemys de la tortuga. *Oikos* 59:126-134.
- **Caley, M. J. y Schluter, D. 1997.** The Relationship between Local and Regional Diversity *Ecology*, Vol. 78, No. 1, pp. 70-80
- **Mallet, J. 1996.** The genetics of biological diversity: from varieties to species. In: *Biodiversity: biology of numbers and difference*, K. J. Gaston (Ed) Oxford University Press, Oxford. pp. 41-57.
- **Marques, C. 1995.** historia natural y dimorfismo sexual de la tortuga *Kinosternon scorpionides* en palo verde costa rica revista ecológica latinoamericana 2 (1-3) 37-44.
- **Márquez, R. 1990.** FAO species catalogue. Vol. 11: Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species know to date. FAO Fisheries Synopsis. N°. 125, Vol. 11. Rome, FAO.
- **Márquez, R. 1996.** Las Tortugas y Nuestro Tiempo. Fondo de cultura Económica. La ciencia desde México No.144.197 pp.
- **Meylan, A.B. y Meylan, P.A. 2000.** Introducción a la Evolución, Historias de Vida y Biología de las Tortugas Marinas. Eckert, K.L., K.A. Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Editores). Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. Grupo especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación N° 4. 3-5.
- **Miranda, L. 2002.** Quelonios y Dermoquelidos en su extensión austral de distribución en el Pacífico Suroriental. Tesis para optar al Título de Biólogo Marino mención Oceanografía y Calidad Ambiental. Departamento de Oceanografía. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Universidad de Concepción, Chile.
- **Miranda, L. y Moreno, R.A. 2002.** Epibiontes de *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) (Reptilia: Testudinata: Cheloniidae) en la región centro-sur de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 37(2): 145-146.
- **Mrosovsky N. 1982.** Sex ratio bias in hatchling sea-turtles from artificially incubated eggs. *Biol. Conserv.*, 23, p. 309-314.
- **Mrosovsky, N. 1983.** *Conserving Sea Turtles.* British Herpetological Society. Regent's Park, London
- **Mrosovsky, N. Y Pritchard, P. 1971.** Body Temperatures of *Dermochelys coriacea* and other Sea Turtles. *Copeia* 1971 (4): 624-631.
- **Musick, John A. y Lutz, P. L. 1997.** *The Biology of Sea Turtles.* Boca Raton: CRC Press.



- **Parham, J. F. y Zug, G. R. 1996.** *Chelonia Agassizii* - Valid or Not?. Marine Turtle Newsletter 72:2-5.
- **Parker, K. y White R.G. 1987.** Porcupine caribou herd (PCH) calf development study (1987). Annual report to Alaska Department of Fish and Game and U.S. Fish and Wildlife Service, Arctic National Wildlife Refuge (3 p.).
- **Philippi, R.A. 1899.** Las Tortugas Chilenas. Anales de la Universidad de Chile. 104: 727-736.
- **Pianka R., E. 1988.** Evolutionary Ecology. Harper & Row. New York. 468 pp.
- **Pickard G.L. y Emery W. J. 1990.** Descriptive Physical Oceanography: An introduction. 5th ed. Butterworth & Heinemann. 320 pp
- **Policansky, D. 1982.** Sex change in plants and animals. Annual Review of Ecology and Systematics 13:471–495.
- **Pritchard et al, 1983.** manual sobre técnicas de investigación y conservación de las tortugas marinas. Segunda edición. K.A. Bjornal Y G.H. Balazas. Editores center for environmental education. Washington, D.C.
- **Pritchard, P. C. H. 1999.** Status of the black turtle. Conservation Biology 13: en prensa. En libro azul.
- **Pritchard, P.C.H. 1979.** Encyclopedia of turtles. T.F.H. Publications, Inc., New Jersey, 896 pp.
- **Pritchard, P.C.H. y Mortimer, J.A. 2000.** Taxonomía, Morfología Externa en Identificación de las Especies. Eckert, K.L., K.A. Bjornal, F.A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Eds.). 2000. Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. Grupo especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación N° 4. 23-41.
- **Fisher, R.A. 1930.** On speciation. The Genetical Theory of Natural Selection. Clarendon Press, Oxford. Chapter VI. SEXUAL REPRODUCTION AND SEXUAL SELECTION. <http://www.ucl.ac.uk/taxome/jim/Mim/Fisher30.html>.
- **Ricklefs, R. E., y Schluter, D.. 1993.** Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives. Univ. of Chicago Press, Chicago, IL.
- **Rooseburg, W. M. y Kelley K. C. 1996.** The effect of the eggs size and incubation temperature on growth in the turtle, *Malaclemis terrapin*. Journal of herpetology 30: 198- 204 pp.
- **Rostal, D.C. 1991.** The Reproductive Behavior and physiology of Kemp's Ridley Sea Turtle, *Lepidochelys Kempii* (Garman 1880). PhD Tesis B.S, Pacific University.

- **Rzedowski, J. 1990.** Vegetacion Potencial. Atlas nacional de Mexico. Vol II Escala 1:4000000 Instituto de geografia, UNAM. Mexico.
- **Rzedowsky, J y Mc Vaugh, R. 1996.** La vegetación de Nueva Galicia. Contr. Univ. Mich. Herb.
- **Schneider, J. C. 1998.** Lake fish population estimates by mark-and-recapture methods. Chapter 8 in Schneider, James C. (ed.) 2000. Manual of fisheries survey methods II: with periodic updates. Michigan Department of Natural Resources, Fisheries Special Report 25, Ann Arbor.
- **Seminoff, J.A., Resendiz, A. Nichols, W. J. y Jones, T.T. 2002.** Growth Rates of Wild Green Turtles *Chelonia mydas* at a Temperate Foraging Area in the Gulf of California, Mexico. Copeia (3) pp 610-617.
- **Shoener, T. W. 1967.** The ecological significance of sexual dimorphism in size in the lizard *Anolis conspersm*. Science 15: 474-477.
- **Slatkin, M. 1984.** Ecological causes of sexual dimorphism. Evolution 38: 622-630 pp.
- Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, M. Donnelly (Editores) UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas Publicación No. 4, 2000 Determinación del Sexo de Tortugas Marinas en Hábitats de Alimentación Thane Wibbels Department of Biology, University of Alabama, 1300 University Boulevard, Birmingham, Alabama.
- **UICN/CSE. 1995.** Estrategia Mundial para la Conservación de las Tortugas Marinas. 24 pp.
- **Urlich, G.F., Simon, M.H. y Parkers, A.S. 1975.** The green sea turtle (*Chelonia midas*) : Mating, Nesting, and Hatching on a Farm. Journal of Zoology. 177- 423 pp
- **Vidal, M., Ortiz, J. C. y Labra, A. 2002.** Diferencias sexuales y etáreas en variables ecológicas del lagarto *Microlophus atacamensis* (Tropiduridae) del norte de Chile. Rev. chil. hist. nat., vol.75, no.2, p.283-292.
- **Villanueva, A. 1980.** Hábitos reproductivos de la tortuga prieta *Chelonia Agassizii* (Bocourt, 168) en la costa de Michoacán. Tesis profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN.
- **Villaseñor, R. 1997.** Dispositivos Excluidores de Tortugas Marinas. FAO Documento Técnico de Pesca. N° 372. Roma, FAO. 1997. 116 pp.
- **Whitney, C. L., Krebs, J. 1975.** Spacing and calling in Pacific Tree Frogs, *Hyla regilla* Can. J. Zool vol. 53, p 1519.

- 
- **Wilbur, H. M. 1975.** A Growth model for the sea turtle *Crysemy picta*. *Copeia* 337-343. pp.
  - **Yntema, C.L. 1981.** Characteristics of gonads and oviducts in hatchlings and young of *Chelydra serpentina* resulting from three incubation temperatures. *J. Morph.*, 167, p. 297-304.
  - **Yntema, C.L. y Mrosovsky N. 1982.** Sexual differentiation in hatchling loggerheads (*Caretta caretta*) incubated at different controlled temperatures. *Herpetologica*, 36, p. 33-36.
  - **Zangerl, R. 1968.** The turtle shell. In: C. Gans and T. S. Parsons (eds.), *Biology of the Reptilia*, I, pp. 311-339. Academic Press, New York.
  - **Zwinenberg, A.J. 1976.** The olive ridley, *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829): probably the most numerous marine turtle today. *Bulletin of Maryland Herpetology Society* 12 (3): 75-95 pp.

**ANEXO 1**  
**REGISTRO DE MACHOS CAPTURADOS**  
**ESTIMACION DE LA POBLACION DE MACHOS DE TORTUGA NEGRA (*Chelonia agassizii*)**  
**TEMPORADA 2004-2005 COLOLA MICHOACAN**

FECHA	H O R A	PUNTO DE MUESTREO		NUM	MARC A 1	MARC A 2	RCTRA	ACTIVIDAD	MANCUERNA	NUM MACHOS PILOTOS	CONDICION DEL MAR
		Est	Mts								

**ANEXO 2**  
**CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE MACHOS REPRODUCTORES**  
**DE TORTUGA NEGRA (*Chelonia agassizii*)**

**Salida No      Fecha      Hora      Viento      Corriente**

H	NO	MC 1	MC 2	R C P	PM	LRC	ARC	AC	LC	LCC	ACC	LAA	LAP	PESO	LU A	LUP	COLA	L.PLA	A PLA	SITUACION

**ANEXO 3**  
**RADIO SEXUAL OPERATIVO Y DISTRIBUCION ESPACIO-TEMPORAL**  
**DE TORTUGA NEGRA (*Chelonia agassizii*)**

FECHA	H O R A	PUNTO DE MUESTREO		NUMERO DE INDIVIDUOS DETECTADOS	NUMERO DE MACHOS DETECTADOS	NUMERO DE HEMBRAS DETECTADAS	ACTIVIDAD				OBSERVACIONES
		Est	Mts				1	2	3	4	

**ANEXO 4**  
**FICHA DE IDENTIDAD DE MACHOS ADULTOS DE LA POBLACIÓN DE TORTUGA NEGRA**  
**(*Chelonia agassizii*) COLOLA MICHOACÁN Y PLAYAS ADYACENTES**

Fecha                      hora de captura                      Lugar                      Condiciones del mar

No	Marc 1	Marc 2	PM	LRC	ARC	AC	LC	LCC	ACC	LAA	LAP	PESO	LUA	LUP	L COLA	L PLA	A PLA
Foto								OBSERVACIONES									