

TESIS DEFENDIDA POR
Ulises Trinidad Angulo Gastélum
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ

Dr. Eric Mellink Bijtel
Director del Comité

Dr. Eduardo Palacios Castro
Miembro del Comité

M. en C. José de Jesús Ibarra Villaseñor
Miembro del Comité

Dr. Luis Eduardo Calderón Aguilera
*Coordinador del programa de posgrado en
Ecología Marina*

Dr. David Hilario Covarrubias Rosales
Director de Estudios de Posgrado

09 de Julio de 2008.

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DE ENSENADA**



**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
EN ECOLOGÍA MARINA**

**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA Y EFECTO DEL TAMAÑO DE COLONIA DEL GALLITO
MARINO *Thalasseus maximus* EN LA ISLA EL RANCHO, SINALOA, DURANTE LA
TEMPORADA 2007**

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

ULISES TRINIDAD ANGULO GASTÉLUM

Ensenada, Baja California, México, Julio del 2008.

RESUMEN de la tesis de **Ulises Trinidad Angulo Gastélum**, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en Ecología Marina. Ensenada, Baja California, México, Julio 2008.

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA Y EFECTO DEL TAMAÑO DE COLONIA DEL GALLITO MARINO *Thalasseus maximus* EN LA ISLA EL RANCHO, SINALOA, DURANTE LA TEMPORADA 2007

Resumen aprobado por:

Eric Mellink Bijtel

Se determinó el éxito de eclosión y de volantón de *Thalasseus maximus* en el centro y en la periferia de una colonia grande y una chica, así como el efecto sobre estos parámetros reproductivos del volumen de huevo, zona de la colonia, densidad de nidos y fecha de puesta, en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007. También se avaluó el efecto sobre los mismos de la depredación de huevos por la gaviota ploma (*Larus hermannii*) y el cleptoparasitismo por la tijereta (*Fregata magnificens*). Se monitoreo el crecimiento del culmen, cuerda alar, tarso, masa, así como la supervivencia de pollos, y se determinó la dieta obtenida a partir de regurgitados. La cronología reproductiva de los gallitos en El Rancho concordó con el patrón general reportado para la especie. El tamaño de la colonia, densidad de anidación, zona de la colonia, depredación y aparentemente la falta de alimento, afectaron el éxito reproductivo. Hubo mayor éxito de eclosión en la colonia grande (82.5%) que en la colonia chica (50%), y en zonas centrales, apegándose al modelo de distribución centro – periferia. La densidad de anidación fue mayor en zonas centrales (9.58 nidos/m² ± 0.34) que periféricas (8.22 nidos/m² ± 0.28) y mayor en la colonia grande (9.24 nidos/m² ± 0.21) que en la chica (6.66 nidos/m² ± 0.66). Los parámetros evaluados no tuvieron influencia en el éxito a volantón. Las gaviotas depredaron más huevos en la colonia chica, preferentemente en las mañanas y solamente en la periferia. Se realizaron un mayor número de ataques cleptoparasíticos en la colonia grande a partir de mediodía, concordando con el mayor número de adultos que venían de forrajear. De las estructuras medidas el tarso presentó un crecimiento rápido en los primeros días y después, el mayor crecimiento ocurrió en la cuerda alar. La supervivencia fue baja (51.51%) en comparación con lo reportado para la especie, sugiriendo escasez de alimento, concordando con las condiciones ENSO pronosticadas para este año. La dieta consistió principalmente de *Oligoplites refulgens* y *Anchoa sp.* No se pudo establecer si la diferencia en el éxito reproductivo se debió a la densidad de

anidación o al tamaño de la colonia, pues al parecer ambos factores se encuentran fuertemente correlacionados, lo que evita el riesgo de ser depredado, respaldando el que la anidación de manera colonial ofrece una mayor protección contra la depredación.

Palabras clave: Anidación, Gallito marino, *Thalasseus maximus*, Éxito reproductivo, Colonialidad, Bahía Santa María – La Reforma, Sinaloa.

ABSTRACT of the thesis by **Ulises Trinidad Angulo Gastélum**, presented as a partial requisite to obtain the degree of MASTER IN SCIENCES in Marine Ecology. Ensenada, Baja California, Mexico, July 2008.

BREEDING BIOLOGY AND EFFECT OF COLONY SIZE OF THE ROYAL TERN (*Thalasseus maximus*) AT EL RANCHO ISLAND, SINALOA, DURING THE 2007 SEASON

Hatching and fledging success of Royal Terns (*Thalasseus maximus*) at the center and periphery of a large and a small colony, as well as the effect on them of egg volume, placing within the colony, nest density, and laying date were studied at El Rancho island, Sinaloa, during the 2007 breeding season. The effects of predation by Herman's Gulls (*Larus hermannii*) and kleptoparasitism by Magnificent Frigatebirds (*Fregata magnificens*) was also assessed. Growth of culmen, wing chord, tarsus, and mass of chicks, and their survival were monitored, and diet was assessed, based on regurgitates. Breeding chronology of Royal Terns at El Rancho was in agreement with that reported for the species. Colony size, nest density, placing within the colony, predation, and, apparently, food limitation affected breeding success. Breeding success was higher in the larger (82.5%) than in the smaller colony (50%), and in the center of colonies, agreeing with the center-periphery model. Nesting density was higher in the center of the colonies ($9.58 \text{ nests/m}^2 \pm 0.34$) than at the periphery ($8.22 \text{ nests/m}^2 \pm 0.28$), and higher in the large colony ($9.24 \text{ nests/m}^2 \pm 0.21$) than in the smaller ($6.66 \text{ nests/m}^2 \pm 0.66$). The parameters evaluated did not affect fledging success. Gulls preyed more eggs in the small colony, mostly in the morning, and only at the periphery. There were more kleptoparasitic attacks in the large colony, and after noon, when more adults were returning from foraging. The tarsus exhibited a rapid growth during the first days, and after that, wing chord grew. Chick survival was low (51.51%), compared from reported values for the species, suggesting low food availability, which would reflect ENSO conditions present at the time. The diet consisted mostly of shortjaw leatherjack (*Oligoplites refulgens*) and anchovies (*Anchoa* sp.). It was not possible to determine whether variations in breeding success were due to nesting density or colony size, as both factors were highly correlated. The results suggest that coloniality offered increased protection to the eggs and chicks of this species against predation.

Keywords: Nesting, Royal Tern, *Thalasseus maximus*, breeding success, coloniality, Bahía Santa María – La Reforma, Sinaloa.

DEDICATORIA

Esta finalización en esta etapa de mi vida esta dedicada a todas aquellas personas que de una u otra manera me han apoyado y me han alentado a seguir adelante.

Quiero agradecer principalmente a mis padres, Aleida Gastélum y Hermes Angulo, con quienes no tengo palabras, más que el reconocer que mi gran deuda es con ellos por su aliento a mis estudios y por siempre confiar en mi.

A mis abuelas que siempre se han preocupado por mi, a mi tíos, Enrique Pacheco y muy especial a Soledad y Miguel Ángel Gastélum, por preocuparse y apoyarme en todo momento, y a la familia Xantzing Zapata por todo el apoyo brindado.

A mi nino, profesor y amigo Rogaciano Núñez, por preocuparse por estar pendiente de mis actividades y siempre demostrarme su apoyo, y en general a todos los profesores y personal que laboran en el CBTA 133 que cada momento que estoy en su plantel me brindan su amistad y me alientan a seguir adelante.

A todos mis amigos pasados y presentes; pasados por ayudarme a crecer y madurar como persona y presentes por estar siempre conmigo apoyándome.

Muchas gracias...

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada al CICESE por haberme aceptado, y al CONACYT por haberme otorgado la beca para poder realizar este gran paso en mi vida.

Son muchas personas a las cuales debo parte de este logro y de poder alcanzar esta culminación académica.

A los miembros de mi comité: Eric Mellink, Eduardo Palacios y José de Jesús Ibarra, por su disposición, sugerencias y comentarios que ayudaron a mejorar esta tesis, y muy especial a mi director Eric por haberme aceptado en su equipo, por creer en mi y por todo el apoyo brindado en todo este tiempo.

En especial a Alfredo Castillo, que aunque no formó parte de mi comité, estuvo apoyándome en todo momento con ideas, sugerencias y comentarios durante la escritura y realización del trabajo de campo.

A Erick González, Irasema Vázquez, Marco Ornelas y Gabriel López, por ayudarme y soportar el duro trabajo de campo, y Raúl Santos y Raulin por el transporte a la isla.

A mis grandes amigos Erick González, Miguel Guevara, Alfredo Castillo y Francisco López "Gordo", personas que estuvieron apoyándome durante este agradable y difícil periodo académico.

A mis profesores de maestría por ayudarme a crecer académicamente, a Oscar Sosa y Ernesto García (Neto), que aunque no fueron mis profesores los considero grandes amigos (que divertidas tardes de fucho).

A todos mis amigos de maestría, Carix (y su novio Adal), Erick O., Arely, Yuma, Toño, y al compa Tiaguíño por mencionar solo algunos, por haber compartido su amistad y divertirnos en el basket, voli bol, y por supuesto en las fiestas.

Sinceramente... Muchas gracias

CONTENIDO

	Página
Resumen español.....	i
Resumen inglés.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Contenido.....	vi
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Tablas.....	ix
I. Introducción.....	1
I.1 Hábitat de anidación y sus efectos en el éxito reproductivo.....	1
I.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
II. Materiales y métodos.....	6
II.1 Área de estudio.....	6
II.2 Métodos.....	8
II.2.1 Hábitat de anidación.....	9
II.2.1.1 Características de anidación.....	9
II.2.1.2 Características de los huevos y fechas de puesta.....	9
II.2.1.3 Éxito reproductivo.....	9
II.2.1.4 Factores bióticos.....	10
II.2.2 Hábitat de forrajeo.....	11
II.2.3 Análisis estadístico.....	12
III. Resultados.....	13
III.1 Cronología reproductiva.....	13
III.2 Éxito reproductivo.....	14
III.3 Densidad de nidos.....	16
III.4 Volumen de huevos.....	17
III.5 Factores bióticos.....	18

CONTENIDO (Continuación)

	Página
III.5.1 Depredación por gaviotas.....	18
III.5.2 Cleptoparasitismo.....	19
III.6 Crecimiento de pollos.....	22
III.7 Supervivencia.....	23
III.8 Dieta.....	25
IV. Discusión.....	27
IV.1 Cronología reproductiva.....	27
IV.2 Éxito reproductivo.....	27
IV.3 Densidad de nidos.....	30
IV.4 Factores bióticos.....	31
IV.4.1 Depredación por gaviotas.....	31
IV.4.2 Cleptoparasitismo.....	34
IV.5 Crecimiento de pollos.....	36
IV.6 Supervivencia.....	37
IV.7 Dieta.....	39
V. Conclusiones.....	41
Referencias.....	43

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura</i>		Página
1	Ubicación geográfica de la isla El Rancho, Sinaloa, México....	8
2	Cronología reproductiva de <i>T. maximus</i> , en la isla El Rancho, Sinaloa, 2007.....	14
3	Volumen de huevos de <i>T. maximus</i> en relación con la fecha de puesta, en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada 2007. (media \pm error estándar).....	17
4	Tasa de depredación de huevos de <i>T. maximus</i> por <i>L. hermannii</i> en función del tamaño de la colonia (grande y chica) en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada 2007. (media \pm error estándar).....	19
5	Número de ataques cleptoparasíticos en función del periodo del día y el tamaño de la colonia (grande y chica) en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007. (media \pm error estándar).....	20
6	Número de ataques cleptoparasíticos y porcentaje de éxito de <i>F. magnificens</i> sobre <i>T. maximus</i> en ambas colonias, en función del tiempo de duración del ataque en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.....	22
7	Edad y crecimiento de cuatro variables anatómicas en pollos de <i>T. maximus</i> en isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada 2007. Se muestra el ajuste de la ecuación logística.....	24
8	Porcentaje de la supervivencia de pollos de <i>T. maximus</i> en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada 2007. Se muestra el ajuste polinomial para el porcentaje de supervivencia $y = -0.0057x^3 + 0.3807x^2 - 8.2673x + 109.5$, $r^2 = 0.9894$. ■ % de supervivencia.....	25

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I	Pruebas estadísticas utilizadas para analizar parámetros de la biología reproductiva del gallito marino <i>T. maximus</i> y el efecto sobre este, del tamaño de colonia, en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.....	12
II	Éxito de eclosión en dos colonias de <i>T. maximus</i> (grande y chica), en dos zonas de la colonia (centro y periferia). Isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.....	15
III	Efecto del volumen del huevo de <i>T. maximus</i> , zona de la colonia y tamaño sobre el éxito de eclosión, usando un Modelo Lineal Mixto, con ligamiento logit de la variable dependiente. Isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.....	15
IV	Análisis de varianza para determinar los efectos de la zona y el tamaño de la colonia de <i>T. maximus</i> sobre la densidad de anidación, en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.....	16
V	Volumen de huevos de <i>T. maximus</i> en relación con la fecha de puesta, en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.....	17
VI	Análisis de varianza de los efectos del periodo del día y el tamaño de la colonia de <i>T. maximus</i> sobre la tasa de depredación de huevos por la gaviota ploma (<i>L. hermannii</i>) en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.....	18
VII	Análisis de varianza del periodo del día y el tamaño de la colonia de <i>T. maximus</i> para los ataques cleptoparasíticos por <i>F. magnificens</i> en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.....	20

LISTA DE TABLAS (Continuación)

Tabla		Página
VIII	Frecuencia y éxito de los ataques cleptoparasíticos de <i>F. magnificens</i> sobre <i>T. maximus</i> en colonias de diferente tamaño en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007 ($\chi^2= 0.037$, $gl=1$, $vc= 3.84$, $p>0.05$).....	21
IX	Número de fregatas, frecuencia y éxito de los ataques cleptoparasíticos de <i>F. magnificens</i> sobre <i>T. maximus</i> en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.....	21
X	Parámetros de crecimiento para las estructuras medidas de pollos de <i>T. maximus</i> utilizando la ecuación logística en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007. a: Valores de la asíntota en mm, excepto para la masa (g); b: Tasa de crecimiento (mm/día); c: T_i Tiempo de inflexión de la curva; d: Proporción de la varianza explicada por el modelo de regresión.....	23
XI	Presas obtenidas en los regurgitados de <i>T. maximus</i> de abril a junio, en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.....	26

I. INTRODUCCIÓN

I.1 Hábitat de anidación y sus efectos en el éxito reproductivo

La distribución y la abundancia de las colonias de aves marinas están influenciadas por la calidad y disponibilidad de un ambiente óptimo para llevar a cabo su reproducción. Entre colonias hay variaciones temporales y espaciales en la calidad del hábitat (Suryan e Irons, 2001), que pueden promover diferencias en las estrategias de vida entre las poblaciones (Jouventin *et al.*, 1996; Danchin *et al.*, 1998). Estas respuestas de las aves ante la variabilidad del hábitat reproductivo se han interpretado como estrategias para maximizar la supervivencia y el éxito reproductivo de las aves se pueden usar para evaluar la calidad del hábitat (Cody, 1985; Clifford y Anderson, 2001).

Las variaciones en el éxito reproductivo en tiempos cortos está dada por distintos factores, como la calidad del hábitat de anidación y de forrajeo de la colonia. El hábitat de anidación incluye factores abióticos, como las características físicas del nido, factores bióticos, como el cleptoparasitismo, el efecto de depredadores y de ectoparásitos, y factores sociales, como la densidad de anidación. Si los efectos de estos factores son adversos y muy intensos, pueden causar una pérdida reproductiva total, seguida de una disminución progresiva del tamaño de la población (Burger y Gochfeld, 1996; Gochfeld y Burger, 1996; Hockey, 1996; Piersma, 1996; Zusi, 1996; Oltra y Gómez, 1997). El hábitat de anidación también depende de la distribución, abundancia y composición de las presas (Springer *et al.*, 1984; Hunt *et al.*, 1990; Everett y Anderson, 1991; Paredes y Zavalaga, 2001).

La caracterización y el conocimiento de los componentes del hábitat de anidación, así como la manera en que las aves responden a estos factores, permiten evaluar la influencia del hábitat sobre las estrategias y adaptaciones utilizadas por las aves a diferentes condiciones ecológicas. Por ello, los estudios del efecto del hábitat sobre el éxito reproductivo son de gran importancia para poder realizar un buen manejo de las áreas de anidación (Gandini *et al.*, 1997).

El desempeño reproductivo de las aves marinas está influenciado principalmente por la disponibilidad de alimento, hábitat reproductivo y las condiciones climáticas (Tovar *et al.*, 1987). La dieta puede tener variaciones en distintas áreas, estaciones y años (Kato *et al.*, 2003). Y, el éxito o mortalidad de pollos pueden reflejar la disponibilidad de presas (Cairnss, 1992; Rehehr y Montevecchi, 1997).

Algunas especies de aves marinas son capaces de amortiguar los cambios interanuales en la abundancia de alimento, realizando un mayor número de viajes y a distancias mayores, para mantener alto su éxito reproductivo y la tasa de crecimiento de sus pollos (Kitaysky *et al.*, 2000). El crecimiento de los pollos integra información sobre las adaptaciones evolutivas y el funcionamiento en relación con los factores ambientales (Ricklefs, 1968). De hecho, las variaciones en la tasa de crecimiento de pollos reflejan variaciones en el ambiente, así como en el funcionamiento individual de los pollos (Ricklefs, 1968; Nisbet *et al.*, 1995).

Por otra parte, las condiciones abióticas también afectan la calidad del sitio de anidación (Boulinier y Lemel, 1996), y las características físicas del nido parecen ser un factor importante en el éxito reproductivo. Un sitio dado puede o no tener características físicas óptimas, como una buena visibilidad del entorno, que les permita detectar a los depredadores, una mejor ubicación del nido y un microclima que proteja a huevos y pollos del sol y de las variaciones meteorológicas (Harris *et al.*, 1997; Paredes y Zavalaga, 2001; Good, 2002).

La defensa de los nidos contra posibles depredadores se ha propuesto como una posible fuerza evolutiva en el desarrollo de la colonialidad de las aves (Lack, 1968; Gotmark y Anderson, 1984). En el contexto de la relación entre la densidad de los nidos y la depredación, se ha propuesto un modelo de distribución centro-periferia, en el que las aves que anidan en el centro de una colonia son menos accesibles a los depredadores (Hamilton, 1971; Vine, 1971), poseen una mejor condición y, a su vez, tienen un mayor éxito reproductivo, que los que anidan en la periferia (Coulson, 1968; Wittenberger y Hunt, 1985). La periferia es, bajo esta

hipótesis, utilizada por individuos jóvenes e inexpertos, los también, proporcionan una menor tasa de alimentación a sus pollos (Gandini *et al.*, 1997).

En épocas recientes se han incrementado los cambios rápidos en el ambiente y los impactos antropogénicos sobre algunas especies de aves marinas. Por tal motivo, conocer la zona de anidación más vulnerable de una colonia puede ayudar a resolver algunos problemas que se enfrentan al manejar poblaciones de aves marinas y minimizar los impactos negativos de factores antropogénicos y naturales (Sorokaité y Rudrys, 2000).

El gallito marino máximo, *Thalasseus maximus*, anida en cuatro regiones geográficamente separadas: Atlántico y costas de Norte América, costas del pacifico mexicano, sureste de América del sur y costa centro – oeste de África (Buckley y Buckley, 2002). En las costas del Pacifico mexicano, se le encuentra en algunas islas del Golfo de California y hacia el sur (Everett y Anderson, 1991; Buckley y Buckley, 2002; Mellink y Palacios 2007). La población de esta especie en México es de unas 13,000 parejas reproductivas que ocupan 11 sitios de anidación, aunque el grueso de la población reproductiva se concentra en Isla Rasa, con entre 8,000 y 10,000 parejas, seguida de Laguna Ojo de Liebre (Everett y Anderson, 1991; Mellink y Palacios 2007). Ocupa tanto islas en mar abierto (Rasa y otras donde anidó en el pasado), como islotes costeros e islotes dentro de lagunas costeras. Anida en islas que les permiten protegerse de depredadores (Buckley y Buckley, 2002).

Machos y hembras son muy similares y no diferenciables a simple vista (Buckley y Buckley, 2002). Tienen una longitud total de 450-500mm y una masa de 350-450 g. La especie exhibe una gran plasticidad en su dieta, variando entre temporadas de anidación y entre años, aunque se alimenta principalmente de peces, camarones y crustáceos pequeños (Buckley y Buckley, 2002). Su periodo reproductivo es de marzo a julio, poniendo uno, a veces dos huevos (Buckley y Buckley, 2002). Su periodo de incubación puede variar dependiendo de la región de anidación (Quintana y Yorio, 1997), aunque generalmente es de 30 días (Buckley y Buckley, 2002).

Esta especie no está considerada con problemas de conservación por la legislación mexicana (NOM-059). Sin embargo, cuando menos en la Isla El Rancho se ve sujeta a remociones importantes de huevos por humanos (Muñoz del Viejo *et al.*, 2004). Esta colonia es la tercera en el número de parejas de esta especie en el Pacífico mexicano (Mellink y Palacios 2007). La Bahía Santa María tiene, además, una importancia alta desde el punto de vista pesquero y acuícola y para aves acuáticas, incluyendo playeros (Engilis *et al.*, 1998; Fernandez y Lank, 2006), patos (Leopold, 1965; Kramer y Migoya, 1989) y varias especies de aves marinas (Carmona y Danemann, 1994; Castillo – Guerrero, 2003; González – Bernal *et al.*, 2003).

El estudio de la ecología de las aves marinas es importante para evaluar los problemas de conservación que pueden enfrentar, así como para diseñar alternativas de manejo. Además, puede ser de gran ayuda en el entendimiento de la dinámica general de procesos que prevalecen en una región, dada su relación con el medio (Montevecchi y Myers, 1995,1996).

El estudio de la reproducción de *T. maximus* que aquí se planteó permitirá determinar los efectos del hábitat en el éxito reproductivo, lo que puede ayudar a generar recomendaciones de conservación. Por otra parte, permitirá evaluar las ventajas en la colonialidad al contrastar colonias de diferente tamaño y evaluar, en esta especie, el modelo de distribución reproductiva centro – periferia.

I.2 Objetivos

I.2.1 Objetivo general

- Determinar los efectos del hábitat de anidación y del efecto del tamaño de colonia en la reproducción del gallito marino, *T. maximus*, en la Isla El Rancho, Bahía Santa María La Reforma, Sinaloa, durante la temporada 2007.

I.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la cronología reproductiva de *T. maximus* durante la temporada 2007.
- Determinar si la variación de las características de anidación (zona de la colonia, volumen de huevo, tamaño de la colonia y densidad de anidación) afectan el éxito reproductivo de *T. maximus*.
- Determinar el efecto de los factores bióticos que afectan la anidación de *T. maximus* sobre el éxito reproductivo.
- Determinar las tasas de crecimiento y supervivencia de los pollos de *T. maximus*.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

II.1 Área de estudio

El Golfo de California es un mar marginal del océano Pacífico, muy dinámico y altamente productivo, con surgencias en su costa Oeste durante el verano y en su costa Este durante invierno y primavera (Álvarez-Borrego 1983). Topográficamente, el Golfo está dividido en una serie de cuencas y trincheras, cuya profundidad aumenta de Norte a Sur, separadas una de otra por cumbres transversales. Tiene zonas de surgencias, que varían dependiendo de la estación del año; en la costa Este durante invierno y primavera y en la costa Oeste durante el verano (Álvarez-Borrego, 2002).

La costa de Sinaloa, en el Este del Golfo, contiene muchas lagunas costeras, y es una zona de transición con una estructura dinámica complicada (Álvarez-Borrego 1983). Una de las lagunas en esta región es la Bahía Santa María – La Reforma (24°70' a 25°30' N, y 107°90' a 108°40' W) (De la Lanza y Cáceres 1994). Esta laguna forma parte de la provincia fisiográfica del cinturón costero de Sinaloa, dentro de una llanura deltáica formada por el proceso de sedimentación terrígena de los ríos Sinaloa y Mocorito en la parte norte y del río Culiacán en la parte sur (De la Lanza y Cáceres 1994). Se clasifica como una bahía de plataforma de barrera interna.

Esta bahía se comunica con otras dos cuencas, al norte la Laguna Playa Colorada, y al sur con la Laguna Santa María, que en conjunto conforman un extenso sistema lagunar. Al oriente, la laguna está limitada por la planicie costera, y al occidente por la barrera arenosa de Isla Altamura, de 45 km de largo, que separa el vaso de la laguna del Golfo de California. La bahía se comunica con el Golfo de California por medio de dos bocas, una, Perihuate, al noroeste entre las islas Saliaca y Altamura y la otra, Yameto, en el sureste, en el extremo sur de la Isla Altamura. La laguna tiene forma alargada, con su eje mayor, de 70 km de longitud, paralelo a la línea de costa.

El sistema lagunar de Santa María-La Reforma cuenta con una superficie de 583 km² y un volumen estimado de 2056 km³ (Serrano y Ramírez-Félix 2003). La marea es mixta con predominio semidiurno. La profundidad promedio en la bahía es de 3.5 m, con profundidades máximas de 26 m en la boca de Yameto y de 23 m en la boca de Perihuate. La Bahía tiene un canal paralelo a la Isla Altamura, con una longitud de 17 km y 15 m de profundidad máxima. Además, en el lado Este del sistema hay un canal de 20 km de longitud y 14 m de profundidad máxima. Entre ambos canales se registran profundidades menores a un metro (Serrano y Ramírez-Félix 2003). En la boca norte de esta bahía se encuentra la isla El Rancho (25°10' N, 108°23' W).

La isla El Rancho tiene una extensión aproximada de 120 ha. A *grosso modo* tiene la forma de una "U", con una parte expuesta y una interior más protegida, con la salida apuntando hacia la costa de Sinaloa (Fig. 1). El sustrato de la isla es arenoso y el grosor de grano de arena es más fino en la playa interior de la isla y más grueso en la parte Oeste y Norte, que están más expuestos a la acción eólica (Castillo – Guerrero, 2003).

En la playa protegida del Oeste hay planicies de inundación de hasta 300 m de ancho, en la que hay una banda discontinua de vegetación de marisma (*Salicornia* sp.) con una cobertura menor al 20 % y una altura máxima de 30 cm. En algunas zonas de marisma hay brotes de mangle dulce (*Rizophora mangle*) de hasta 80 cm de altura. En el interior de la isla, al terminar la zona de marisma, hay dunas cubiertas de deditos (*Sesuvium verrucosum*). La parte central de la isla la forma un cinturón de dunas de hasta unos 4 m de altura. En la zona Noreste las dunas se encuentran cubiertas por zacate salado (*Distichlis spicata*) de hasta 50 cm de altura. En el Noroeste, la isla se ensancha y tiene una zona amplia de dunas desprovistas de vegetación. En las secciones más expuestas, en los extremos Norte y Oeste, no hay zonas de inundación y las dunas se encuentran inmediatamente después de la línea de marea (Castillo – Guerrero, 2003).

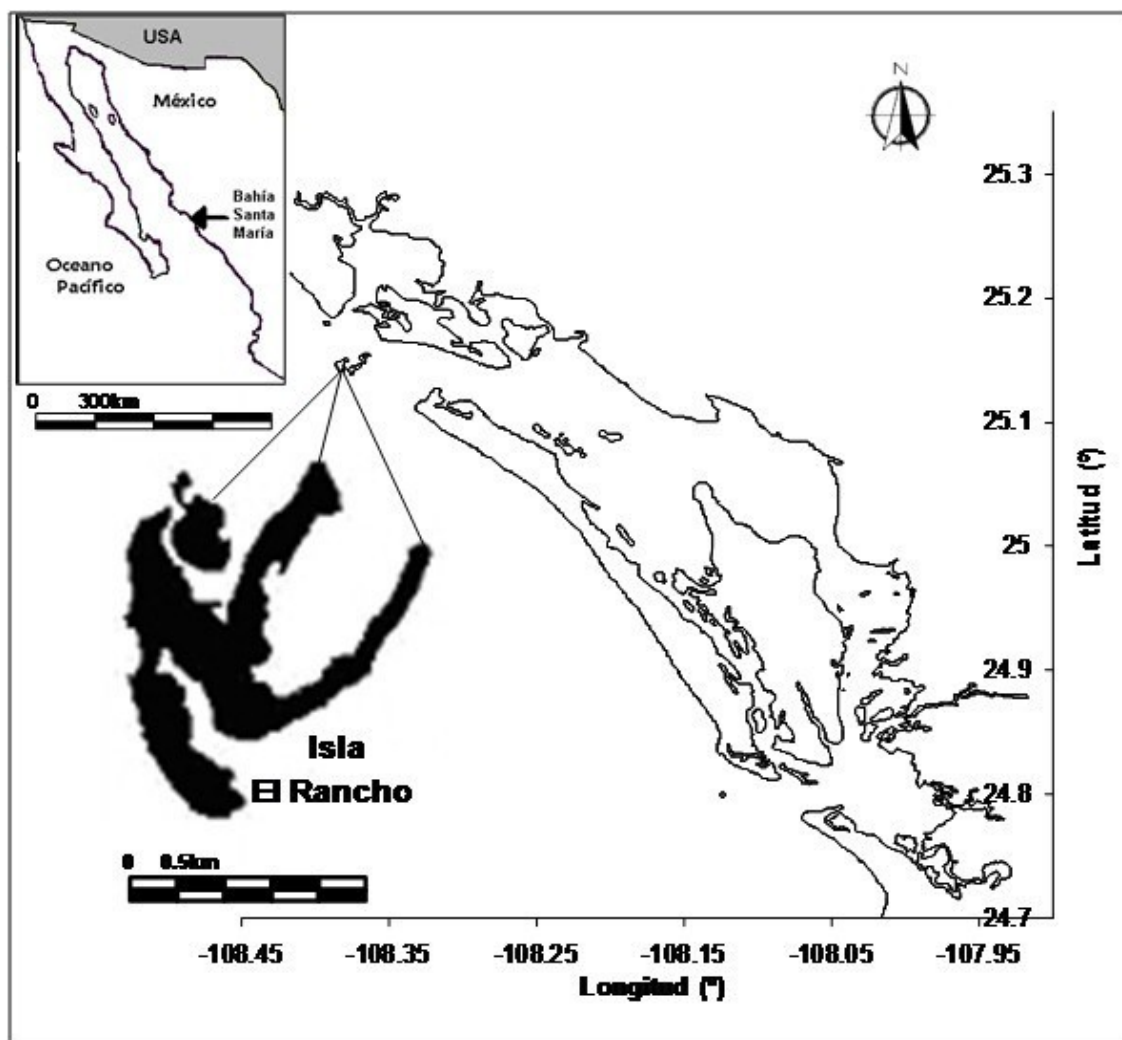


Figura 1. Ubicación geográfica de la isla El Rancho, Sinaloa, México.

II.2 Métodos

Con la finalidad de describir la biología reproductiva y los factores que afectan el éxito reproductivo de *T. maximus* en la Isla El Rancho, realicé siete visitas de campo entre los meses de abril y junio de 2007. Compare dos colonias de diferente tamaño, una grande, con 1,400 nidos, y una chica, con 300 nidos, excepto en el éxito a volantón y crecimiento de pollos que evalué solo en la colonia grande. A continuación se describen las actividades que realicé.

II.2.1 Hábitat de anidación

II.2.1.1 Características de anidación

Seleccioné 75 nidos de *T. maximus* en la colonia grande y 30 en la colonia chica, de manera aleatoria, y determine los siguientes atributos:

- Zona de la colonia: Centro o periferia. Determiné cada zona arbitrariamente, tomando como nidos de periferia a aquellos que se encontraban en la orilla de la colonia hasta 1m hacia la zona centro.
- Densidad: Registré las variaciones en la densidad de los nidos en cada zona (centro o periferia), por medio de transectos, con una separación de dos m, a lo largo de la colonia. Establecí 11 en la colonia grande y 4 en la colonia chica.

II.2.1.2 Características de los huevos y fecha de puesta

- Volumen del huevo: A partir del largo y ancho de cada huevo ($\pm 0.1\text{mm}$), en nidos marcados, obtuve el volumen con la formula ($V = (\pi/6) L a^2$); donde V = volumen, L = Longitud o diámetro mayor y a = ancho o diámetro menor (Worth, 1940).
- Fecha de puesta: Obtuve la fecha de puesta utilizando el periodo de incubación de la especie (30 días), que se le resto a la fecha de eclosión de cada huevo marcado. Separé los nidos en tres grupos, de acuerdo con su fecha de puesta, 1-5 días después del inicio de la puesta para los primeros en poner, 6-10 días para los intermedios y de 11-14 días para los últimos. Esta agrupación fue para determinar si existía una relación con la fecha de puesta y el volumen de huevo.

II.2.1.3 Éxito reproductivo

- Éxito de eclosión: Número de huevos marcados que llegaron a eclosionar. Marque los huevos con un plumón de tinta indeleble, y utilicé banderas numeradas para facilitar la búsqueda de los nidos. Para pronosticar

aproximadamente el día de eclosión de los huevos utilicé el método de flotación (Westerkov 1950).

- Éxito a volantón: Número de pollos que llegaron a la edad de volantón, del número total de huevos marcados eclosionados.
- Crecimiento de pollos: Marqué todos los pollos que eclosionaron de los huevos marcados, con anillos de plástico de colores numerados y usando una coloración diferente en cada zona de la colonia (centro o periferia). Para estimar el crecimiento les medí longitud del culmen y tarso, con un vernier (± 0.1 mm), cuerda alar, con una regla milimétrica (± 0.1 mm) y masa, con una balanza digital (± 1 g). A cada serie de medidas les ajusté la fórmula de crecimiento logístico $W = \alpha / (1 + b e^{-kt})$; donde W = Crecimiento, α = asíntota, k = constante proporcional a la tasa de crecimiento global, b = constante de tiempo, e = base de logaritmo natural y t = tiempo o edad al cual la tasa de crecimiento alcanza el punto de inflexión (Ricklefs, 1968).
- Supervivencia: Calculé la supervivencia de los pollos con base en los pollos observados en cada captura hasta la etapa de volantón. Consideré vivos a los pollos que no observé en alguna captura, pero si en capturas subsecuentes. Utilicé la media de los días entre la última visita en que observé a un pollo y la primera visita donde ya no lo observé como la edad aproximada a la que el pollo murió (± 3 días).

II.2.1.4 Factores bióticos

- Tasa de depredación: Número de huevos depredados por gaviotas por hora de observación. Consideré tres periodos de observación: Mañana = 6:30 – 11:00, mediodía = 11:01 – 15:30 y tarde 15:31 – 20:00.
- Cleptoparasitismo por la tijereta (*Fregata magnificens*): Número de eventos por hora de observación. Considere tres periodos de observación: Mañana = 6:30 – 11:00, mediodía = 11:01 – 15:30 y tarde 15:31 – 20:00. Para estimar el cleptoparasitismo realicé observaciones con binoculares abarcando toda la colonia desde un punto fijo. Registré la duración de cada

evento de cleptoparasitismo, sexo y número de tijeretas involucradas en la persecución, así como el resultado del evento. Consideré un evento exitoso de cleptoparasitismo cuando el ave blanco (*T. maximus*) perdió el alimento que acarreaba.

II.2.2 Hábitat de forrajeo

- Dieta: Durante todas las visitas identifiqué los regurgitados que encontré dentro de la colonia y los que regurgitaban los pollos al momento de ser capturados. Identifique las presas al menor nivel taxonómico posible usando guías de peces del Pacífico centro-oriental (Fischer *et al.*, 1995).

II.2.3 Análisis estadístico

En todos los casos realicé pruebas de normalidad (Kolmogorov) y de homogeneidad de varianzas (Bartlett). En caso de cumplir con ambas, realicé análisis paramétricos; en caso contrario, usé análisis no paramétricos equivalentes (Tabla I; Zar, 1996). Todas las pruebas se realizaron con un $\alpha \leq 0.05$.

Tabla I. Pruebas estadísticas utilizadas en el análisis de la biología reproductiva del gallito marino *T. maximus* y el efecto del tamaño de colonia, en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.

Caso	Estadístico
Efecto de las características de anidación en el éxito reproductivo de <i>T. maximus</i>	
Influencia del volumen del huevo, tamaño de la colonia y zona de la colonia en el éxito de eclosión. Ho: El éxito de eclosión no es afectado por el volumen del huevo, tamaño de la colonia y zona de la colonia.	Modelo lineal mixto con ligamiento logit de la variable dependiente
Influencia del volumen del huevo y zona de la colonia en el éxito a volantón. Ho: El éxito a volantón no es afectado por el volumen del huevo y zona de la colonia.	Modelo lineal mixto con ligamiento logit de la variable dependiente
Efecto de la zona y tamaño de colonia sobre el éxito reproductivo. Ho: El éxito de eclosión es homogéneo entre las zonas de ambas colonias.	Análisis de varianza de dos vías
Efectos de la densidad de anidación y el tamaño de colonia sobre el éxito reproductivo. Ho: La densidad de los nidos y el tamaño de colonia no afectan el éxito reproductivo.	ANDEVA de dos vías
Comparación del volumen de huevos en diferentes periodos de puesta en todas las colonias. Ho: El volumen de huevos no depende de la fecha de puesta.	ANDEVA de una vía
Efecto de factores bióticos en el éxito reproductivo.	
Efecto del periodo del día y el tamaño de colonia sobre la tasa de depredación de huevos por gaviotas. Ho: La tasa de depredación de huevos por gaviotas es independiente del periodo día y tamaño de colonia.	ANDEVA de dos vías
Efecto del periodo del día y tamaño de colonia sobre la tasa de ataques cleptoparasíticos de <i>F. magnificens</i> . Ho: El éxito de los ataques cleptoparasíticos de <i>F. magnificens</i> es independiente del periodo del día y del tamaño de colonia.	ANDEVA de dos vías
Comparación entre colonias del porcentaje de éxito de ataques realizados por <i>F. magnificens</i> Ho: El éxito en los ataques realizados por <i>F. magnificens</i> es homogéneo entre colonias.	χ^2
Relación entre el número de intentos por ataque y cantidad de ataques cleptoparasíticos realizados por <i>F. magnificens</i> . Ho: No hay una relación entre el número de intentos por ataque por <i>F. magnificens</i> de y la cantidad de ataques.	Ajuste de regresión exponencial por método iterativo
Edad y crecimiento en los pollos (Culmen, cuerda alar, tarso y masa). Ho: El crecimiento de los pollos se ajusta a la ecuación logística (culmen, cuerda alar, tarso y masa).	Ajuste de regresión logística por método iterativo

III. RESULTADOS

III.1 Cronología reproductiva

En 2007 *Thalasseus maximus* comenzó a llegar en la isla El Rancho a principios de Febrero. A principios de marzo observé las primeras parejas cortejando, a mediados de ese mes las primeras copulas y a finales del mismo mes empezó la puesta de huevos. En su tamaño máximo, esta colonia tuvo entre 1,300-1,500 nidos. A principios de abril se empezó a establecer una segunda colonia a 1,700 m de la anterior, que llegó a unos 60 nidos. A mediados de abril se establecieron una tercera y cuarta colonias, \approx a 100 m al sur de la segunda, con alrededor de 300 y 50 nidos respectivamente. A finales de abril se observaron las primeras eclosiones de huevos en la primera colonia. En la primera semana de mayo iniciaron las eclosiones en la segunda colonia, y a mediados de ese mes iniciaron en la tercera y cuarta colonia. La mayoría de los nidos contuvieron un huevo (solo 16 nidos tuvieron dos huevos en todas las colonias, 12 de ellos en la colonia grande). Yo estude la primera y la tercera colonia.

Después de eclosionar, los pollos permanecieron entre tres y cinco días en el nido, en todas las colonias, para después formar guarderías en la playa. Estas les proveen una mayor protección contra posibles depredadores (Buckley y Buckley, 2002). Al crecer, los pollos se fueron alejando de la colonia y formaron hasta siete guarderías, todas en la playa expuesta al mar abierto. A las tres semanas de edad, los pollos fueron más independientes de los padres y se defendían de algunas agresiones ocasionadas por gaviotas que se acercaban a tratar de robar el alimento. Después de la cuarta semana de edad, se observaron los primeros pollos volantes. En la primera semana de junio la mayoría de los pollos ya eran volantes (Figura 2).

La temporada reproductiva tuvo una duración aproximada de 120 días, desde la llegada de adultos a la isla hasta la etapa de volantón de los pollos. Hubo una sincronía muy marcada en el periodo de puesta, las eclosiones y en la transición a volantón de los pollos (Figura 2).

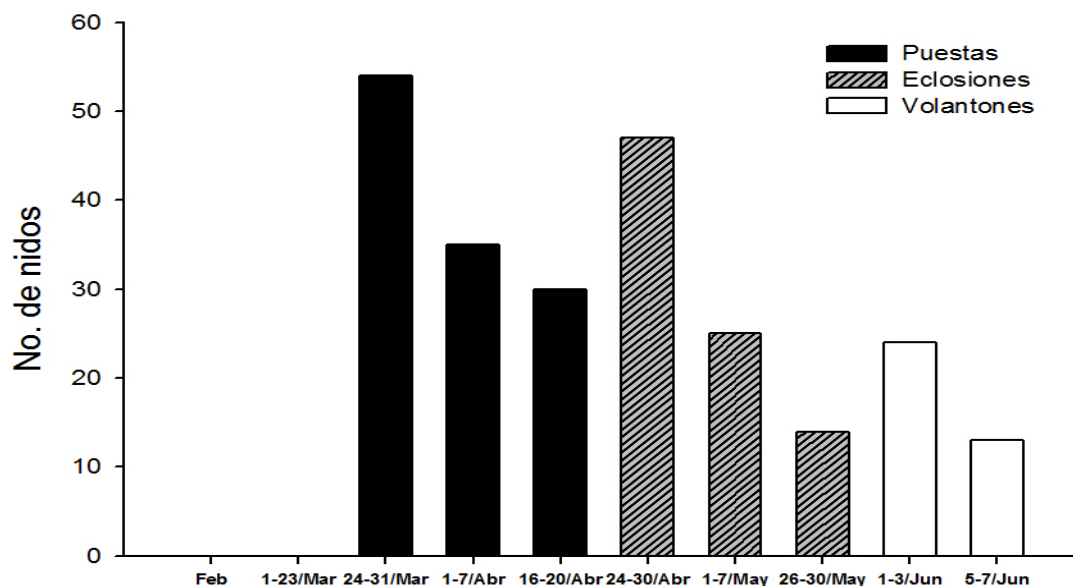


Figura 2. Cronología reproductiva de *T. maximus*, en la isla El Rancho, Sinaloa, 2007.

III.2 Éxito reproductivo

En la colonia grande se siguió el desarrollo de 75 nidos (42 en la periferia y 33 en la zona centro) con 80 huevos, de los cuales eclosionaron 66, se perdieron 12 y 2 fueron infértiles (ambos en la zona centro). En la colonia chica se siguieron 30 nidos (15 en la periferia y 15 en la zona centro), con un total de 30 huevos, de los cuales eclosionaron 15; no hubo huevos infértiles. El éxito de eclosión fue significativamente mayor en la colonia grande y en el centro de las colonias (Tabla II y III), pero hubo una interacción entre ambas variables; una prueba de proporciones indicó que no había diferencias entre el centro y la periferia de la colonia grande ($\chi^2 = 0.1253$, $gl=1$, $vc= 3.84$, $p>0.05$). El volumen del huevo no tuvo un efecto significativo sobre el éxito de eclosión (Tabla III).

Tabla II. Éxito de eclosión en dos colonias de *T. maximus* (grande y chica), en dos zonas de la colonia (centro y periferia). Isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.

Colonia grande	Zona		Total
	Centro	Periferia	
Número de nidos			
monitoreados	33	42	75
Huevos puestos	38	42	80
Huevos eclosionados	35 (92.1%)	31 (73.8%)	66 (82.5%)
Colonia chica			
Número de nidos			
monitoreados	15	15	30
Huevos puestos	15	15	30
Huevos eclosionados	13 (86.6%)	2 (13.3%)	15 (50%)

Tabla III. Efecto del volumen del huevo de *T. maximus*, zona de la colonia y tamaño sobre el éxito de eclosión, usando un Modelo Lineal Mixto, con ligamiento logit de la variable dependiente. Isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.

VARIABLE	grados de		
	libertad	t	p
Ordenada de origen	1	3.861	0.049
Volumen	1	1.519	0.217
Zona de la colonia	1	17.022	0.000
Colonia	1	8.480	0.003
Zona*Colonia	1	3.744	0.052

El volumen del huevo y la zona de la colonia no tuvieron efectos significativos sobre el porcentaje de éxito a volantón. El volumen de huevo no tuvo ningún

efecto, ni sobre el éxito de eclosión en ambas colonias, ni sobre el de éxito de volantón en la colonia grande.

III.3 Densidad de nidos

La densidad de anidación varió de 8 a 12 nidos/m² (9.88 ± 1.11) en la zona centro y de 6 a 11 nidos/m² (8.79 ± 1.35) en la zona de la periferia. La densidad de nidos estuvo influenciada significativamente por la zona, tamaño de colonia y la interacción entre ambas (Tabla IV). Hubo una densidad mayor en el centro de la colonia ($9.58 \text{ nidos/m}^2 \pm 0.34$; $F_{(1, 46)} = 17.148$, $p = .00015$) que en la periferia ($8.22 \text{ nidos/m}^2 \pm 0.28$) y una densidad mayor en la colonia grande ($9.24 \text{ nidos/m}^2 \pm 0.21$; $F_{(1, 4)} = 27.872$, $p = .0000$) que en la colonia chica ($6.66 \text{ nidos/m}^2 \pm 0.66$).

Tabla IV. Análisis de varianza para determinar los efectos de la zona y el tamaño de la colonia de *T. maximus* sobre la densidad de anidación, en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Zona	28.209	1	28.209	17.148	0.000
Colonia	45.851	1	45.851	27.872	0.000
Zona*Colonia	5.623	1	5.623	3.418	0.070
Error	75.673	140	1.645		

III.4 Volumen de huevos

El volumen de los huevos varió entre 55 760.25 mm³ y 86 575.92 mm³, sin que hubiera diferencias significativas entre ambas colonias, ni entre zonas de la colonia. Existió un efecto significativo de la fecha de puesta sobre el volumen de huevos ($p < 0.05$, $F_{(1, 93)}=4.159$, gl. =2; Tabla V), teniendo un volumen mayor los huevos de las aves que pusieron al inicio de la temporada (Figura 3).

Tabla V. Volumen de huevos de *T. maximus* en relación con la fecha de puesta, en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.

F.V.	S.C.	gl	C.M.	F	p
Ordenada al origen	2.726	1	2.726	9691.094	0.000
Fecha de puesta	2.031	2	1.015	3.609	0.030
Error	2.616	93	2.813		

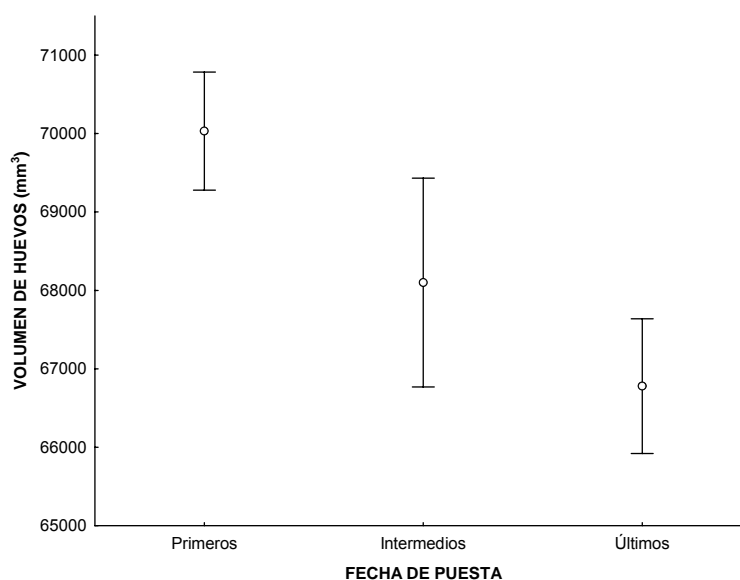


Figura 3. Volumen de huevos de *T. maximus* en relación con la fecha de puesta, en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada 2007. (media \pm error estándar).

III.5 Factores bióticos

III.5.1 Depredación por gaviotas

Se observaron gaviotas alrededor de ambas colonias de *T. maximus* durante todo el periodo de incubación. La mayor parte del tiempo se les observó buscando, vigilando y tratando de robar huevos. En 36 h de observación en la colonia grande, la gaviota ploma (*Larus hermannii*) robó 10 huevos de *T. maximus* (0.52 huevos/hora \pm 0.61), y en 33.5 h de observación en la colonia chica, la misma especie robó 18 huevos (1.12 huevos/hora \pm 0.88). Hubo diferencias significativas entre todos los periodos del día, con una tasa de depredación mayor en las mañanas (Tabla VI; Figura 4). El tamaño de la colonia también influyo de manera significativa en la tasa de depredación, con 0.25 huevos depredados/hora en la colonia grande (\pm 0.06, $F_{(1, 29)}=15.099$, $p=.00055$) y 0.54 en la colonia chica (\pm 0.11) (Tabla VI; Figura 4).

Tabla VI. Análisis de varianza de los efectos del periodo del día y el tamaño de la colonia de *T. maximus* sobre la tasa de depredación de huevos por la gaviota ploma (*L. hermannii*) en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.

Fuente de variación	S.C.	gl	C.M.	F	p
Ordenada al origen	21.483	1	21.483	112.595	0.000
Periodo del día	12.119	2	6.059	31.758	0.000
Tamaño de colonia	2.880	1	2.880	15.099	0.000
Periodo del día *	1.402	2	0.701	3.675	0.037
Tamaño de colonia					
Error	5.533	29	0.190		

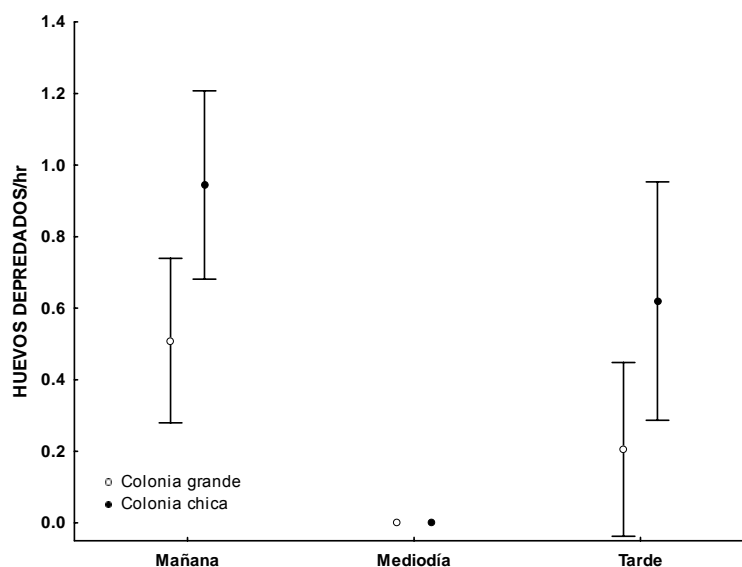


Figura 4. Tasa de depredación de huevos de *T. maximus* por *L. hermannii* en función del tamaño de la colonia (grande y chica) en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada 2007. (media \pm error estándar).

III.5.2 Cleptoparasitismo

En 36 horas de observación en la colonia grande se registraron 33 ataques de *F. magnificens* (1.73 ataques/hora \pm 1.14) sobre *T. maximus*, y en 35 h de observación en la colonia chica 11 (0.64 \pm 0.49). Hubo un efecto significativo del periodo del día, tamaño de la colonia y la interacción de ambos sobre la tasa de cleptoparasitismo (Tabla VII; Figura 5). Hubo menos ataques por la mañana (0.32 ataques/hora \pm 0.07), que en la mediodía y tarde (0.86 \pm 0.20 y 0.74 \pm 0.11, respectivamente). El tamaño de la colonia también afectó significativamente la frecuencia de ataque (0.90 \pm 0.13 en la colonia grande y 0.32 \pm 0.05 en la colonia chica; $F_{(1, 30)} = 26.895$, $p = .00001$).

Tabla VII. Análisis de varianza del periodo del día y el tamaño de la colonia de *T. maximus* para los ataques cleptoparasíticos por *F. magnificens* en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.

Fuente de variación	S.C.	gl	C.M.	F	p
Ordenada al origen	14.419	1	14.419	120.562	0.000
Periodo del día	2.021	2	1.010	8.449	0.001
Tamaño de colonia	3.216	1	3.216	26.895	0.000
Periodo del día *	1.132	2	0.566	4.735	0.016
Tamaño de colonia					
Error	3.588	30	0.119		

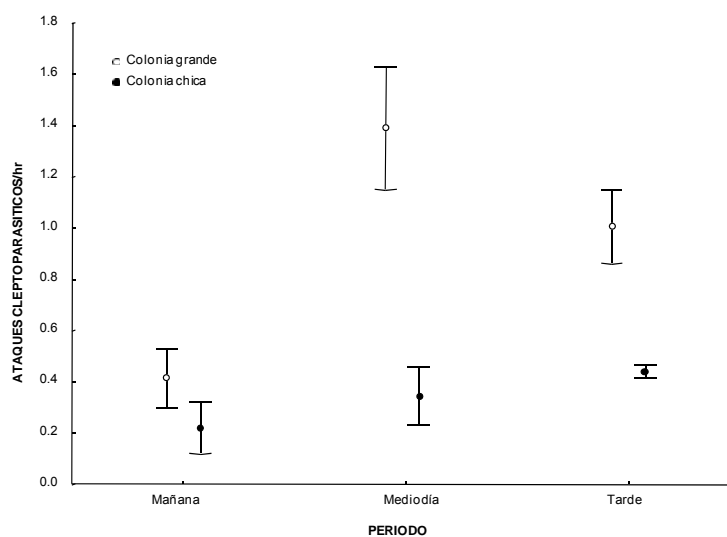


Figura 5. Número de ataques cleptoparasíticos en función del periodo del día y el tamaño de la colonia (grande y chica) en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007. (media \pm error estándar).

Aunque se realizaron más ataques en la colonia grande que en la colonia chica, no hubo diferencias en cuanto al éxito obtenido (Tabla VIII). La mayoría de

los ataques (44) fueron realizados por individuos solitarios (32), pero también hubo ataques realizados por dos (10) y tres (1) individuos. Hubo una relación directa entre el éxito de ataques cleptoparasíticos realizados y el número de *F. magnificens* involucradas en el evento (Tabla IX).

Tabla VIII. Frecuencia y éxito de los ataques cleptoparasíticos de *F. magnificens* sobre *T. maximus* en colonias de diferente tamaño en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007 ($\chi^2 = 0.037$, $gl=1$, $vc= 3.84$, $p>0.05$).

Colonia	No. de ataques	No. de ataques exitosos	% de éxito
Grande	33	7	21.21%
Chica	11	2	18.18%
Total	44	9	20.45%

Tabla IX. Número de fregatas, frecuencia y éxito de los ataques cleptoparasíticos de *F. magnificens* sobre *T. maximus* en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.

No. de Fregatas	No. de ataques	No. de éxitos	% de éxito
1	32	1	3%
2	10	6	60%
3	2	2	100%

La duración de los ataques varió entre 1 y 170 s, en ambas colonias. El porcentaje mayor de ataques exitosos ocurrió entre los 21 y 40 s. Se observaron más ataques de corta duración, observándose una relación inversa exponencial entre el número de ataques y su duración (Figura 6).

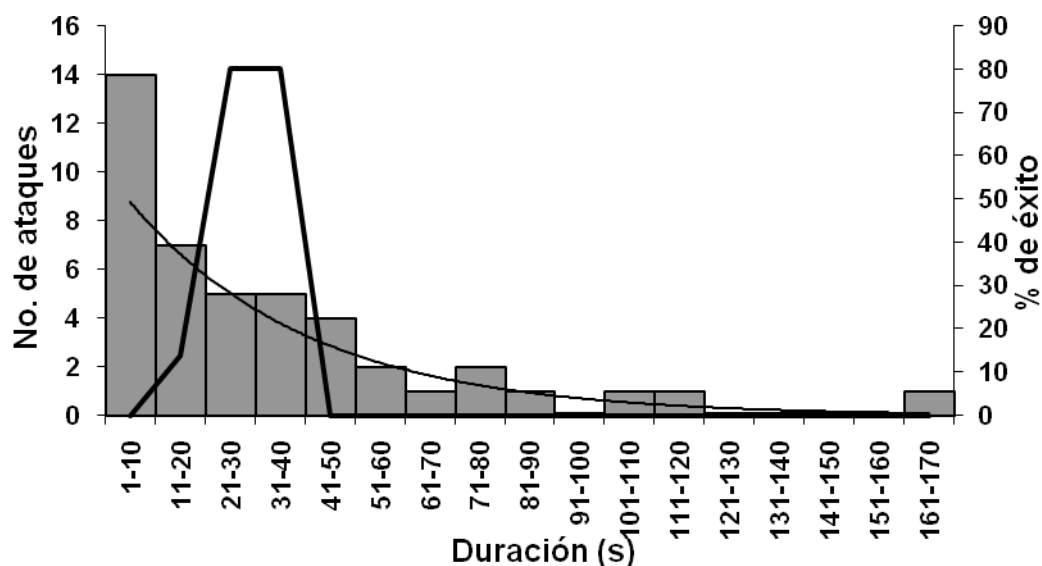


Figura 6. Número de ataques cleptoparasíticos y porcentaje de éxito de *F. magnificens* sobre *T. maximus* en ambas colonias, en función del tiempo de duración del ataque en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.

III.6 Crecimiento de pollos

De las cuatro variables anatómicas medidas en los pollos de *T. maximus*, el culmen tuvo un crecimiento más lento, pero más constante, mientras que la masa tuvo la tasa de crecimiento mayor (Tabla X). La cuerda alar fue la estructura que tardó mayor tiempo en llegar al valor asintótico, observándose que cuando el pollo llegaba a la etapa de volantón, esta continuaba creciendo hasta, aproximadamente, los 50 días después de eclosionar (Figura 7).

Tabla X. Parámetros de crecimiento para las estructuras medidas de pollos de *T. maximus* utilizando la ecuación logística en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007. a: Valores de la asíntota en mm, excepto para la masa (g); b: Tasa de crecimiento (mm/día); c: T_i Tiempo de inflexión de la curva; d: Proporción de la varianza explicada por el modelo de regresión.

Estructura	Asíntota (a)	K (b)	T_i (días) (c)	r^2 (d)
Culmen	48.414	0.073	42	0.975
Tarso	37.029	0.112	30	0.950
Masa	411.479	0.139	38	0.979
Cuerda alar	331.453	0.098	50	0.984

III.7 Supervivencia

De los 66 pollos marcados, 34 llegaron a la etapa de volantón (51.51%). En los 11 eventos de recaptura, la probabilidad de supervivencia de los pollos disminuyó con la edad, hasta llegar a los nueve días de edad, después de lo cual la supervivencia se mantuvo alta y relativamente estable (Figura 8). Se encontraron 15 pollos muertos, incluyendo dos marcados, todos dentro de la colonia. De estos, dos tenían picaduras por hormiga.

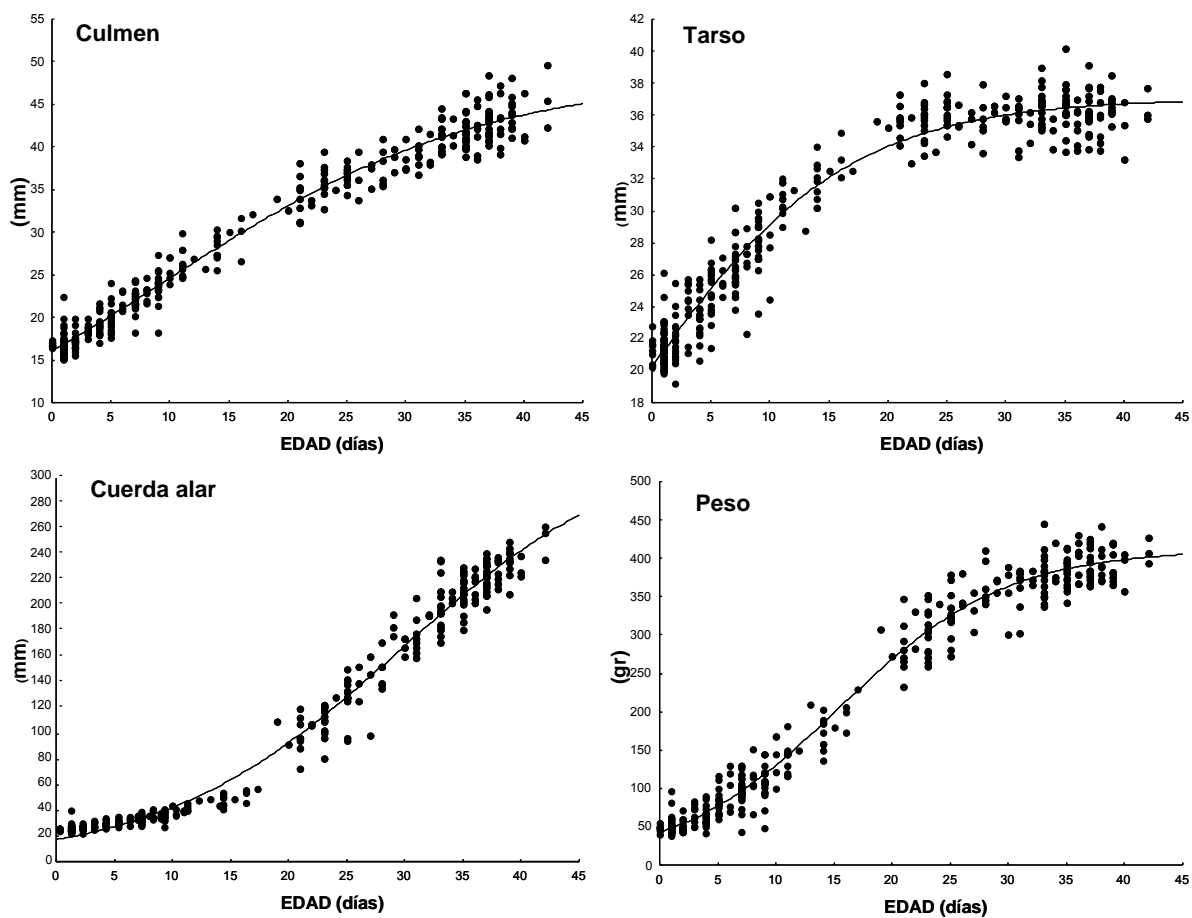


Figura 7. Edad y crecimiento de cuatro variables anatómicas en pollos de *T. maximus* en isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada 2007. Se muestra el ajuste de la ecuación logística.

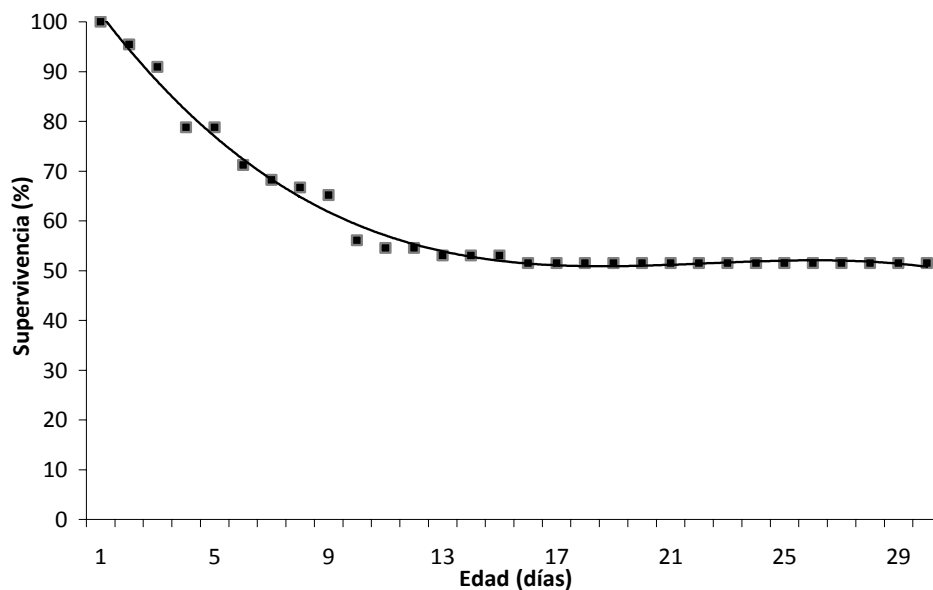


Figura 8. Porcentaje de la supervivencia de pollos de *T. maximus* en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada 2007. Se muestra el ajuste polinomial para el porcentaje de supervivencia $y = -0.0057x^3 + 0.3807x^2 - 8.2673x + 109.5$, $r^2 = 0.9894$. ■ % de supervivencia.

III.8 Dieta

Durante el estudio se obtuvieron 79 regurgitados, cuya composición incluía nueve especies de peces, camarones y cangrejos. Las presas más comunes fueron los peces *Oligoplites refulgens* y *Anchoa sp.* (Tabla XI).

Tabla XI. Presas obtenidas en los regurgitados de *T. maximus* de abril a junio, en la isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2007.

Presa	Familia	Nombre común	Total
<i>Oligoplites refulgens</i>	Carangidae	Zapatero	24
<i>Anchoa sp.</i>	Engraulidae	Anchoas	23
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	Engraulidae	Anchoveta	16
<i>Litopenaeus sp.</i>	Penaeidae	Camarones	13
<i>Hemiramphus saltator</i>	Hemiramphidae	Agujeta	1
<i>Epinephelus analogus</i>	Serranidae	Mero	1
<i>Callinectes sp.</i>	Portunidae	Jaibas	1

IV. DISCUSIÓN

IV.1 Cronología reproductiva

La temporada reproductiva de *T. maximus* en la isla El Rancho duró aproximadamente 120 días, desde su aparición hasta el abandono de los últimos pollos volantones. La anidación inicio a finales de marzo y terminó a mediados de junio, similar en esto a lo reportado para isla Rasa (Velarde, 1989, 1993; Buckley y Buckley, 2002) y otros sitios (Blus *et al.*, 1979; Quintana y Yorio 1997; Buckley y Buckley, 2002). La mayoría de los pollos abandonaron el nido para formar guarderías a la orilla de la playa entre los tres y cinco días de edad, similar a lo reportado en otros sitios (Ansingh *et al.*, 1960; Buckley y Buckley, 2002). La mayoría de los pollos llegaron a la etapa de volantón aproximadamente a los 30 días de edad, no habiendo diferencia con lo reportado por Buckley y Buckley (2002). En suma, en la isla El Rancho los gallitos reflejaron el patrón general reportado para la especie.

IV.2 Éxito reproductivo

Una de las principales explicaciones en la evolución de la colonialidad en aves, es que el riesgo de depredación decrece cuando se incrementa la densidad de anidación, existiendo una relación entre el aumento en la densidad y un decremento en la probabilidad de ser depredado, y, de esta manera, un aumento en su éxito reproductivo (Birkhead, 1977; Gotmark y Anderson, 1984). Anidar en zonas densas ofrece ventajas a los individuos (Velarde, 1999), como una mayor protección al incrementarse la vigilancia y, por consiguiente, una mayor defensa y una mayor eficacia para alejar a los depredadores (Massaro *et al.*, 2001; Antolos *et al.*, 2006). Se han señalado varios mecanismos posibles para explicar este factor, pero en ocasiones estos son difíciles de separar en campo. Uno de ellos, es saber si el riesgo de ser atacado por un depredador disminuye cuando se incrementa el tamaño de la colonia o cuando aumenta la densidad de anidación (Tenaza, 1971; Gotmark y Anderson, 1984).

Del Oro (1996a) encontró que el riesgo de ser depredado disminuye con la densidad de anidación y que es independiente del tamaño de la colonia. Sin embargo, Bertram (1978) y Robinson (1985) mencionan que la probabilidad por individuo de ser capturado, decrece cuando se incrementa el tamaño de la colonia, mencionándolo como “efecto de dilución de la presa”.

El éxito reproductivo de *T. maximus* en El Rancho fue mayor en la colonia grande que en la colonia chica. Además, tuvo una densidad mayor de anidación en zonas centrales que en la periferia en ambas colonias, pero tuvo densidades mayores para cada zona en la colonia grande que en la chica. No se pudo establecer si la diferencia en el éxito reproductivo de *T. maximus* en la isla El Rancho se debió a la densidad de anidación o al tamaño de la colonia, o a una combinación de ambos. En muchas ocasiones es muy difícil separar estos dos factores (Tenaza, 1971; Gotmark y Anderson, 1984), pero al parecer ambos se encuentran fuertemente correlacionados, debido a la manera en que anida la especie, lo que proporciona una mejor protección contra la depredación de huevos.

En otras colonias de *T. maximus* también se han observado altas densidades de anidación similares (Quintana y Yorío, 1997), además en algunas especies de la misma subfamilia, como *Sterna hirundo*, anidar en colonias grandes evita la depredación y se tiene un mayor éxito reproductivo que en colonias chicas (Hernández – Matías y Ruiz, 2003). Por lo tanto, posiblemente anidar en colonias grandes y con altas densidades sea una estrategia de *T. maximus* para minimizar el riesgo de ser depredado, y por lo tanto, aumentar su éxito reproductivo.

Por otra parte, los resultados obtenidos en El Rancho apoyan la teoría de que anidar de manera colonial ofrece mayor protección contra la depredación y no incrementándola al aumentar la detectabilidad (Clode, 1993), pues en una colonia grande, que en teoría sería más fácil de detectar para los depredadores que una colonia chica como fue el caso de *T. maximus* en la isla El Rancho, esta tuvo una menor tasa de depredación que la colonia chica.

El éxito de eclosión observado en la colonia grande de *T. maximus* en El Rancho (82.5%) fue algo mayor al reportado en una colonia mixta de *T. maximus* y *Sterna eurygnatha* en la Patagonia Argentina con un número similar de parejas, de 72% (Quintana y Yorio, 1997). Por otra parte, ninguno de los factores medidos en este estudio tuvo influencia en el éxito a volantón. El éxito a volantón en la isla El Rancho, durante el presente estudio, fue de 51.51%. Aunque no son directamente comparables, en la Patagonia, Argentina, los pollos de la misma especie tuvieron una supervivencia de 90% hasta los 10 días de edad (Quintana y Yorio, 1997), similar al porcentaje de supervivencia reportado para la especie (Buckley y Buckley, 2002). Considerando que la mayor mortalidad se da en las primeras semanas, el éxito a volantón en El Rancho parece bajo.

Cambios en las condiciones oceanográficas causan un impacto negativo en la reproducción de las aves marinas, llegando a causar en ocasiones fracasos reproductivos en colonias completas (Mellink, 2003). Los efectos más negativos sobre las poblaciones de aves marinas ocurren durante años de condición ENSO, pues la disponibilidad de alimento se reduce, abarcando una región geográfica amplia, por lo que las aves marinas apuestan por su supervivencia a costa de su reproducción (Pierotti y Annett, 1990). Durante el 2007 se presentó un ENSO de intensidad moderada que afectó el Golfo de California (NOAA 2007), que causó un aumento en la temperatura del mar y afectó el reclutamiento y los patrones migratorios de peces, especialmente de pelágicos menores (Lluch-Cota *et al*, 1999). Durante la temporada reproductiva 2007 se observó una disminución en la supervivencia del rabijunco *Phaethon aethereus* en el Farallón de San Ignacio, además de una condición de masa corporal baja comparada con años normales, probablemente como consecuencia de la disminución en la disponibilidad de alimento (Guevara – Medina *et al.*, 2008). El bajo porcentaje de supervivencia de *T. maximus* en la isla El Rancho posiblemente se haya debido a este efecto.

La zona de anidación dentro de la colonia tiene un efecto en el éxito reproductivo de algunas especies de aves marinas (Wittenberger y Hunt, 1985). En el contexto de la relación entre la densidad de los nidos y la depredación,

existe el modelo de distribución centro – periferia, con aves de mayor calidad anidando en el centro, siendo menos accesibles a los depredadores y, a su vez, con un mayor éxito reproductivo que los que anidan en la periferia (Coulson, 1968). En hábitats heterogéneos donde los sitios de alta calidad son escasos, éstos son ocupados por individuos de mayor calidad, y las aves de menor calidad construyen sus nidos a su alrededor, para obtener ventajas como más copulas extrapareja por parte de hembras de baja calidad, o un mejor sitio de cría o pareja en la siguiente temporada, apegándose a una distribución centro – satélite (Velando y Freire, 1999, 2001). En algunas especies, los jóvenes ocupan la periferia, en sitios que son considerados de mala calidad, donde son menos productivos que los adultos (Porter, 1990; Gandini *et al.*, 1997).

El hábitat de anidación de *T. maximus* en la isla El Rancho fue casi totalmente uniforme, con un éxito mayor en la zona centro de ambas colonias, en concordancia con el modelo de centro – periferia. Ello puede ser producto de un menor acceso de depredadores al centro, o bien que las aves de menor calidad, principalmente jóvenes, hayan sido excluidos del centro y se asentaron en la periferia, o de una combinación de ambos.

Tenaza (1971) opinó que nidos ubicados en la periferia perdían más huevos que nidos centrales; y que el bajo éxito reproductivo de colonias chicas en comparación con colonias grandes se debía a que el radio del perímetro de los nidos ubicados en la periferia hacia el centro de la colonia se incrementaba cuando la colonia era más chica. La diferencia observada en el éxito reproductivo con base en el tamaño de la colonia, así como la diferencia en el éxito en la zona de la periferia de *T. maximus* en la isla El Rancho fue concordante con estas opiniones.

IV.3 Densidad de nidos

La anidación en altas densidades ha sido frecuentemente citada como una de las principales ventajas adaptativas de la colonialidad, al reducir la depredación

(Wittenberger y Hunt, 1985; Becker, 1995). El sitio de anidación de la colonia en El Rancho tuvo una densidad alta, similar a la previamente reportada para *T. maximus* (Quintana y Yorio, 1997; Buckley y Buckley, 2002), así como para otras especies de la misma subfamilia, como *Sterna sanvicensis* (Quintana y Yorio 1997) y *Sterna elegans* (Veen, 1997).

Buckley y Buckley (1977) concluyeron que las altas densidades de anidación de *T. maximus* se ha desarrollado como resultado de la baja disponibilidad de espacio de anidación y una extrema depredación de huevos por gaviotas en la periferia de la colonia. Quintana y Yorio (1997, 1999) mencionan que mayores densidades de anidación en la parte central de *T. maximus* parece ser un factor importante en la disminución de nidos depredados que en la periferia de la colonia, mismo patrón observado en la anidación de *T. maximus* en la isla El rancho.

Thalasseus maximus tuvo una mayor densidad de anidación en la zona centro que en la periferia en ambas colonias, resultados similares se han reportado para *T. maximus* (Quintana y Yorio, 1997, 1999), para otras aves del mismo género (Langham y Hulsman, 1986; Becker, 1995; Antolos *et al*, 2006), y para otras aves marinas (Coulson, 1968; Tenaza, 1971; Castillo – Guerrero, 2003) donde nidos de la periferia son más susceptibles a la depredación por gaviotas que los que se encuentran en el centro.

IV.4 Factores bióticos

IV.4.1 Depredación por gaviotas (*Larus hermannii*)

La mayoría de las especies de gaviotas son depredadores importantes de huevos, pollos y adultos de una gran cantidad de especies de aves marinas (Birkhead, 1977; Massaro *et al.*, 2001; Good 2002; O'Connell y Beck, 2003). Hay algunos ejemplos donde el principal factor limitante en el éxito reproductivo es la depredación por gaviotas (Becker, 1995; Hernandez-Matias y Ruiz, 2003; O'Connell y Beck, 2003).

La depredación está dada principalmente por el tamaño de la gaviota y por el tamaño y agresividad de la especie depredada (Castillo – Guerrero, 2003). Cuando la gaviota tiene un tamaño mucho más grande que la especie depredada, pueden desplazar a los adultos de sus nidos para robar huevos y pollos. Cuando la agresividad o el tamaño de la presa no permiten ser desplazadas, las gaviotas solo toman los huevos. Los gallitos no son la excepción, ya que al tener un tamaño relativamente pequeño (Burger y Gochfeld, 1994) y anidan en sitios donde regularmente se encuentran gaviotas (Burger y Gochfeld, 1991; Becker, 1995) se ven afectados sensiblemente.

En la Patagonia *T. maximus* pierde sus huevos, en cantidades importantes, principalmente por depredación de gaviotas (Quintana y Yorio, 1997, 1999). En El Rancho, *Larus hermannii* se alimentó de huevos principalmente cuando los adultos se movían un poco del nido. Además en muchas ocasiones presionaron a los adultos para intentar que se levantaran del nido para robar los huevos. En dos ocasiones se observó un individuo de *L. hermannii* jalando a un adulto fuera del nido para robar el huevo, pero en ninguna ocasión tuvo éxito dicho intento. Todos los robos observados correspondieron a huevos que se encontraban en la periferia de la colonia, igual a lo observado en la Patagonia (Quintana y Yorio, 1997, 1999).

La depredación de huevos fue más intensa en la colonia chica que en la colonia grande. La relación entre tamaño de la colonia, densidad de anidación y zona de la colonia tuvo fuerte influencia en la depredación, ya que dependiendo de esta relación, se establece el espacio entre nidos (Birkhead, 1977; Antolos *et al.*, 2006), provocando una mayor o menor depredación según sea el caso. Los resultados obtenidos son similares a los encontrados en colonias de *Sterna hirundo* (Becker, 1995; Hernandez-Matias y Ruiz, 2003), y de otras especies de aves marinas (Davis y McCaffrey, 1986; Oro y Martinez, 1994; González-Solis *et al.*, 1995; Oro, 1996a; Brown y Brown, 2001).

En la isla El Rancho se observó una mayor tasa de depredación en la mañana, nula al mediodía y baja en la tarde. La depredación por la mañana y tarde posiblemente se deba a que durante estos periodos *T. maximus* sale en busca de

alimento, y por lo tanto hay un menor número de individuos dentro de la colonia, disminuyendo la vigilancia, ocasionando una menor defensa y eficacia para alejar a los depredadores. Caso contrario ocurrió durante el mediodía, donde la tasa de depredación fue nula, probablemente reflejo el que la mayoría de los individuos se encuentran en sus nidos para proporcionar sombra a sus huevos y evitar que se perdieran por las altas temperaturas. De hecho al parecer también para las gaviotas sea muy costoso invertir energía en este periodo por la alta vigilancia de los individuos de la colonia y las altas temperaturas, ya que durante este periodo no se les observó alrededor de la colonia en busca de alimento; el número máximo de individuos que se observó fue de tres.

Existe una gran variabilidad espacial y temporal en la depredación de huevos y pollos de gaviotas sobre aves marinas, y el efecto que llega a tener sobre el éxito reproductivo varía desde nulo a catastrófico (O'Connell y Beck, 2003). En algunos casos la depredación es relativamente constante, como cuando depende de la estructura física de la colonia (Boulinier y Lemel, 1996). Sin embargo, ante cualquier tipo de disturbio las gaviotas reaccionan rápidamente, pudiendo llegar a depredar grandes cantidades de huevos en un tiempo muy corto, causando, en ocasiones, un efecto negativo, sobre todo si el evento ocurre a finales del periodo de incubación cuando los padres ya invirtieron demasiada energía en el cuidado y ya no les sea posible intentar re-anidar (Schauer y Murphy, 1996). En El Rancho hubo una depredación base sobre *T. maximus* que dependió de las características del hábitat de anidación, y que se incrementó de acuerdo a la zona donde se encontraba el nido, influyendo la relación entre el tamaño de la colonia y densidad de anidación.

De acuerdo con lo anterior, la depredación no ocasionaría un impacto fuerte sobre el éxito reproductivo de *T. maximus* en la colonia grande, en ausencia de disturbio por humanos. Si tal disturbio dura poco el impacto sería mínimo. En cambio, en la colonia chica si ocasionaría una pérdida considerable de huevos ya que la proporción de huevos presentes en la zona más depredada como es la

zona de la periferia, es similar a los encontrados en la zona centro, y gran parte de los huevos se perderían.

IV.4.2 Cleptoparasitismo

El cleptoparasitismo es una estrategia muy conocida en aves (Brockman y Barnard, 1979), particularmente en aves marinas, y se define como el robo de alimento previamente obtenido por otro individuo (Furness, 1987). Este tipo de forrajeo es menos costoso que buscar el alimento directamente, pero se requiere de que el cleptoparásito maneje de manera exitosa a la víctima que elija. Aunque algunos individuos pueden perder su alimento por este medio, ello constituye unos de los costos potenciales de anidar colonialmente (Witenberger y Hunt, 1985), y puede afectar la disponibilidad de alimento para los pollos de la especie que está parasitando (Furness, 1987). Si esta estrategia de cleptoparasitar produce mayor ingreso alimentario a un menor costo que la búsqueda de alimento directamente, la selección natural favorecerá tal especialización (Osorno *et al.*, 1992). El comportamiento cleptoparasítico se relaciona probablemente con la variación en la disponibilidad de alimento (Furness, 1987; Oro, 1996b).

Dentro de las aves marinas, los gallitos son frecuentemente afectados por el robo de alimento (Ansingh *et al.*, 1960; Furness, 1987). Ya que la incidencia de cleptoparasitismo aumenta cuando hay grandes congregaciones en la etapa reproductiva, cuando los individuos regresan de manera predecible a la colonia, y cuando estos acarrean mucha cantidad de alimento a un mismo lugar (Brockmann y Barnard, 1979), los gallitos son especies idóneas para cleptoparasitar al cumplir con estas características.

Al igual que en otros sitios, la mayor cantidad de ataques ocurrió en el mediodía y en la tarde en ambas colonias, cuando *T. maximus* regresaba a la colonia, con alimento (Osorno *et al.*, 1992). En la isla El Rancho las salidas y las llegadas de los individuos eran continuas a partir de media mañana y, de manera

concordante, los ataques de *F. magnificens* se incrementaban después de medio día.

El número de ataques por hora observado en *T. maximus* fue de 0.64, mucho menor al observado en otras especies anidantes en la isla como *Sula nebouxii*, donde la cantidad de ataques por hora es de 4.92 (Castillo – Guerrero, 2003). Ya que *S. nebouxii* anida de manera colonial y tiene los mismos patrones de retorno con alimento a la colonia que *T. maximus* (de mediodía en adelante), por lo menos para la isla El Rancho, esta diferencia probablemente se deba a que *S. nebouxii* acarrea mayor cantidad de alimento que *T. maximus*.

Anidar en grandes colonias favorece el desarrollo del cleptoparasitismo (Brockmann y Barnard, 1979). En la isla El Rancho se observó un mayor número de ataques en la colonia grande que en la colonia chica, donde al parecer anidar en grandes colonias, la probabilidad de cleptoparasitar exitosamente aumenta, pues la mayoría de los individuos regresan a la colonia en un lapso de tiempo relativamente corto y son más los individuos que acarrean alimento.

El porcentaje de éxito en eventos de cleptoparasitismo aumentó cuando *F. magnificens* atacó en grupo (2-3 individuos), lo que coincide con lo observado en isla Isabel (Osorno *et al.*, 1992). Es difícil saber si realmente el atacar en grupo aumenta la probabilidad de obtener éxito, o simplemente esta se da de manera oportunista cuando otros se unen en la persecución cuando el ataque parece que será exitoso. De acuerdo con lo observado en la isla El Rancho, parece ser que con el aumento en el tamaño del grupo al momento de atacar, mejora la probabilidad de éxito. En otras palabras, el grupo aumenta de manera oportunista, pero el agobio ocasionado sobre la especie blanco aumenta su estrés, facilitando la obtención del alimento.

Los ataques de cleptoparasitismo más exitosos ocurrieron cuando fueron de entre 21-40 s, tiempo en el que las tijeretas podrían evaluar a la víctima y decidir si continúan o no con el ataque (Osorno *et al.*, 1992). Después de esto, si logra tener contacto aumenta la probabilidad de quitar el alimento, sobre todo si llegan más individuos de *F. magnificens*. Ello fue claro en El Rancho donde en un lapso de

15 s aproximadamente después de incorporarse uno o dos individuos más al ataque, lograron robar el alimento que acarreaba *T. maximus*.

Si bien la alta densidad de anidación y el anidar en grandes congregaciones como lo hace *T. maximus*, sobre todo en la colonia grande estudiada, podría favorecer el cleptoparasitismo, el efecto de esta actividad sobre la población de gallitos anidantes es incierta, pues aunque no se observó ningún daño visible, ni mortalidad de adultos ocasionada por esta actividad, la mortalidad de pollos fue alta comparada por lo reportado para la especie (Buckley y Buckley, 2002). Durante la temporada 2007 bajo condiciones moderadas de ENSO (NOAA, 2007), el cleptoparasitismo se limitó al robo de alimento de manera oportuna.

Independientemente de si en esta temporada contribuyó al bajo éxito reproductivo o no, bajo condiciones no-ENSO pareciera no tener un impacto fuerte sobre la población estudiada.

IV.5 Crecimiento de pollos

Los patrones de crecimiento integran información acerca de adaptaciones evolutivas y del funcionamiento individual de pollos y padres en relación a factores ambientales (Ricklefs 1968, 1979). Variaciones en la tasa de crecimiento individual de los pollos refleja variabilidad en el ambiente y variaciones en su funcionamiento (Nisbet, 1995). En especies donde los pollos son alimentados por los padres, las variaciones en la tasa de crecimiento resulta principalmente de variaciones en la calidad de los padres (Furness, 1983). La tasa de crecimiento en pollos es uno de los parámetros más sensibles a las condiciones del ambiente en que viven los pollos y sus padres (Ricklefs, 1967), así como a variaciones en las condiciones de alimentación (Ricklefs y White, 1975), estando fuertemente determinada por la combinación de efectos en la frecuencia de alimentación y por la composición y tamaño de las presas (Ricklefs y White, 1975).

El patrón de crecimiento reportado en otras especies de aves marinas del mismo orden, como la gaviota reidora *Larus atricilla*, y para otras especies de

gallitos como *Sterna hirundo* y *S. paradisea*, ha sido un crecimiento rápido en la masa hasta poco antes de llegar a la etapa de volantón, un crecimiento acelerado del tarso en las dos primeras semanas, un crecimiento lento de la cuerda alar en etapas tempranas, acelerándose después de las dos semanas y creciendo aún después de la etapa de volantón, y el culmen siendo la estructura con el crecimiento más lento, pero más constante (Schreiber y Schreiber, 1980; Chapdelaine *et al*, 1985), mismo patrón de crecimiento observado de *T. maximus* en la isla El Rancho en la temporada reproductiva 2007.

Malacalza y Navas (1996) observaron un rápido crecimiento del tarso en el cormorán real *Phalacrocorax albiventer*, donde al parecer en edades tempranas adopta la estrategia de invertir gran parte de su energía en desarrollar rápidamente los músculos de las piernas, y de esta manera tener movilidad en el menor tiempo posible para moverse sobre, y alrededor del nido. Al parecer *T. maximus* adopta esta misma estrategia, pero en este caso para salir de la colonia, posiblemente para protegerse de posibles depredadores o para esconderse en la vegetación para disminuir los efectos de las altas temperaturas.

En edades tempranas los gallitos del género utilizan mucha energía en el desarrollo de los músculos de las piernas, por lo que no tienen un aumento tan rápido en su tamaño mientras estos músculos se desarrollan (Ricklefs, 1979). De acuerdo con lo anterior, el patrón de crecimiento lento de la cuerda alar en los primeros días se debe a esto, pues invertiría gran parte de su energía en el crecimiento de sus piernas hasta quedar casi totalmente desarrolladas. Después de esto, la energía se invierte en el desarrollo de sus alas.

IV.6 Supervivencia

La depredación de pollos y huevos no parece haber sido un factor serio en la supervivencia de los pollos, como se vió arriba. Por otra parte, Nisbet y Welton (1984) en *Sterna hirundo* y Lockley (1995) en *Sterna antillarum* reportaron mortalidad de pollos por infestación por hormigas, principalmente en los primeros

días de edad, llegando a causar hasta un 35% de la mortalidad (Nisbet y Welton, 1984). En la isla El Rancho se encuentran dos especies de hormigas: *Pogonomyrmex rugosus* y *Pogonomyrmex occidentalis* (Castillo – Guerrero, 2003). Duffy (1991) menciona que las hormigas presentes en islas se encuentran preferentemente en la vegetación, ya que las protege del sol y les proporciona alimento. En El Rancho, de los 15 pollos muertos, solo dos presentaron rastros de picadura por hormigas, y en nidos que se encontraban en una pequeña parte de la periferia de la colonia que contaba con vegetación a un lado.

Las causas de mortalidad de los 13 pollos muertos restantes no se pudieron precisar, aunque el patrón fue claro: la mortalidad de pollos ocurre en los primeros días de edad, al igual que en otras colonias de esta especie (Quintana y Yorio, 1997, 1999), en otras especies de gallitos (Langham, 1974; Chapdelaine *et al.*, 1985) y en otras especies de aves marinas (Schreiber y Schreiber, 1980; Castillo – Guerrero, 2003; Suazo, 2004).

En aves marinas la mortalidad de pollos ocurre principalmente en las primeras semanas de vida (Langham, 1974; Schreiber y Schreiber, 1980; Castillo – Guerrero, 2003; Suazo, 2004). Las causas de mortalidad de pollos pueden ser difíciles de determinar, pero se atribuyen principalmente a la depredación (Regehr *et al.*, 1998). Sin embargo, la mortalidad puede estar fuertemente influenciada por la disponibilidad de alimento, pues al haber poca disponibilidad (principalmente en condiciones ENSO), los padres pasan una mayor cantidad de tiempo forrajeando, lo que reduce el tiempo de estancia y tasas menores de alimentación y de atención de los pollos (Massaro *et al.*, 2000; Suazo, 2004).

Los cambios en las condiciones oceanográficas pueden causar un impacto negativo en la reproducción de las aves marinas (Mellink, 2003), y este aumenta principalmente en años ENSO, ya que la disponibilidad de alimento se reduce en una escala geográfica amplia, y las aves optan por su supervivencia a costa de su reproducción (Pierotti y Annett, 1990). Durante el 2007 se presentó un ENSO de intensidad moderada que afectó el Golfo de California (NOAA 2007). En esta región, durante años ENSO ocurre una invasión de masas de agua del Pacífico

Oriental Tropical y de agua subtropical subsuperficial, lo que ocasiona un aumento de la temperatura del mar, afectando los patrones migratorios y de reclutamiento de los peces, principalmente de pelágicos menores (Lluch-Cota *et al.*, 1999).

Durante el ENSO 97-98, Mellink (2003) reportó el fallo reproductivo del bobo café en la isla San Jorge, ocasionada probablemente por una disminución de alimento. Aunque el ENSO del 2007 fue catalogado como moderado, si parece haber tenido un efecto sobre las poblaciones de algunas aves marinas. En el Farallón de San Ignacio, relativamente cerca de El Rancho, hubo una supervivencia y una condición corporal menor del rabijunco (*P. aethereus*), que en la temporada 2004 (Guevara – Medina *et al.*, 2008). Los datos de *T. maximus* sugieren también una escasez de alimento cercas de la colonia, dado la baja supervivencia de pollos.

IV.7 Dieta

La ecología de forrajeo de una especie es esencial para el entendimiento de otros aspectos de su biología (Gotmark, 1984), pues se ha observado que la temporada de anidación de muchas aves marinas coincide con el periodo de mayor abundancia en el recurso alimenticio (Zuria y Mellink, 2005). El alimento es uno de los principales factores que afectan la distribución y el desempeño reproductivo de muchas especies de aves marinas (Tovar *et al.*, 1987), y la composición de la dieta de las aves marinas puede reflejar el tipo y la abundancia de las presas presentes en una zona.

El gallito marino *T. maximus* exhibe una gran plasticidad en cuanto a los taxa y especies de las que se alimenta, estando asociada con factores estacionales, oceanográficos, climáticos y zoogeográficos, y puede variar entre temporadas de anidación y entre años (Buckley y Buckley, 2002). En El Rancho *T. maximus* se alimentó de 7 especies, siendo el zapatero (*O. refulgens*) y la anchoa (*C. mysticetus*) las presas más comunes. Cuando menos la segunda es una especie

de la cual se alimentan otras especies de aves marinas en la región (Mellink *et al.*, 2001).

V. CONCLUSIONES

- La cronología reproductiva del gallito marino *T. maximus* en la isla El Rancho, Sinaloa, reflejó el patrón general reportado para la especie.
- El éxito reproductivo fue afectado por el tamaño de la colonia, densidad de anidación y por la ubicación de los nidos, con un mayor éxito en colonias grandes, zonas densas, y en zonas centrales.
- Los resultados obtenidos avalan la hipótesis de que la anidación de manera colonial ofrece una mayor protección contra la depredación y no que la incrementan por aumentar su detectabilidad.
- El modelo de distribución de los nidos de *T. maximus* en El Rancho se apejó al modelo centro – periferia, con una mayor densidad de anidación y una mayor productividad en el centro.
- La depredación de huevos por gaviotas fue afectada por la relación entre la densidad de anidación, tamaño y zona de la colonia. En zonas centrales donde hubo una mayor densidad, y en colonias grandes, existe una menor depredación.
- La mayor tasa de depredación ocurrió principalmente durante la mañana, cuando había un número menor de individuos en la colonia, pues es el periodo en que *T. maximus* busca alimento.
- La depredación de huevos por gaviotas sobre *T. maximus* en una colonia grande no parece tener impacto en su éxito reproductivo, pero en una colonia chica si, pues la proporción de huevos presentes en la zona más depredada, la de la periferia, fue similar a la encontrada en la zona centro, y gran parte de los huevos se pierden.
- En condiciones oceanográficas normales (años no-ENSO), el cleptoparasitismo de *F. magnificens* no parece tener un impacto fuerte sobre la población de *T. maximus* en El Rancho.
- La estrategia de crecimiento de *T. maximus* fue invertir gran parte de su energía en el desarrollo de los músculos de sus piernas rápidamente en

edades tempranas, para salir de la colonia, y después de esto, la invierte en el desarrollo de sus alas principalmente.

- La mortalidad de pollos de *T. maximus* ocurrió durante los primeros días de edad.
- La baja supervivencia de pollos observada en comparación por lo reportado para la especie sugiere una escasez de alimento cerca de la colonia, provocada por la condición ENSO presente en esta temporada.

REFERENCIAS

Alvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California. Pp. 427-450 en B. H. Ketchum. (ed). Estuaries and enclosed seas. Elsevier, Amsterdam.

Alvarez-Borrego, S. 2002. Physical Oceanography. Pp. 41-59 en T. J. case, M. L. Cody y E. Ezcurra (eds.) A new Island Biogeography of the Sea Cortés. Oxford University, New York.

Ansingh, F. H., H. J. Koelers, P. A. Van Der Werf y K. H. Voous. 1960. The breeding of the Cayenne or Yellow-Billed Sandwich Tern in Curacao in 1958. *Ardea* 48:51-65.

Antolos, M., D. D. Roby, D. E. Lyons, S. K. Anderson y K. Collis. 2006. Effects of nest density, location, and timing on breeding success of Caspian terns. *Waterbirds* 29:465-472.

Becker, P. H. 1995. Effects of coloniality on Gull Predation on common tern *Sterna Hirundo* chicks. *Colonial Waterbirds* 18:11-22.

Bertram, B. C. R. 1978. Living in groups: predators and prey. Pp. 64-96 en Emms, S. K. y N. A. M. Berbeek. 1989. Significance of the Pattern of Nest Distribution in the Pigeon Guillemot (*Cephus columba*). *Auk* 106:193-202.

Birkhead, T. R. 1977. The effect of habitat and density on breeding success in the Common Guillemot (*Uria aalge*). *Journal of Animal Ecology* 46:751-764.

Blus, L. J., R. M. Prouty y B. S. Neely. 1979. Relation of environmental factors to breeding status of Royal and Sandwich terns in South Carolina, USA. *Biological Conservation* 16:301-320.

Boulinier, T. y J-Y. Lemel. 1996. Spatial and temporal variations of factors affecting breeding habitat quality in colonial birds: some consequences for dispersal and habitat selection. *Acta Oecologica* 17:531-552.

Brockman, H. J. y C. J. Barnard. 1979. Kleptoparasitism in birds. *Animal Behaviour* 27:487-514.

Brown, C. R. y M. B. Brown. 2001. Avian coloniality, Progress and Problems. In: Current Ornithology 16:1-82.

Buckley, P. A. y F. G. Buckley. 1977. Hexagonal packing of Royal Tern nests. Auk 94:36-43.

Buckley P. A. y F. G. Buckley. 2002. Royal Tern. The birds North America 200:1-27.

Burger, J. y M. Gochfeld. 1991. The common tern: its breeding biology and social behavior. Columbia University, New York.

Burger, J. y M. Gochfeld. 1994. Predation and effects of humans on island-nesting seabirds. Pp 39-67. In: D. N. Nettleship, J. Burger y M. Gochfeld (eds.). Seabirds on islands. Threats, Case Studies and Action Plans. BirdLife Conservation Series no. 1. BirdLife International. Cambridge.

Burger, J. y M. Gochfeld. 1996. Family *Laridae* (Gulls). Pp. 572-623 en J. del Hoyo, A. Elliot y J. Sargatal (eds). Handbook of the birds of the world. Vol. 3. Hoatzin to Auks. Lynx Ediciones Barcelona.

Cairns, D. K. 1992. Population and regulation of seabirds colonies. Current Ornithology 9:37-61.

Carmona, R. y G. Danemann. 1994. Nesting waterbird of Santa Maria bay, Sinaloa, Mexico, April 1988. Western Birds 25:158-162.

Castillo – Guerrero. 2003. Respuesta del bobo patas azules (*Sula nebouxii*) a las características del hábitat, con énfasis en las relaciones interespecíficas, en isla El Rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2003. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada. 109 pp.

Chapdelaine, G., P. Brousseau, R. Anderson y R. Marsan. 1985. Breeding Ecology of Common and Arctic Terns in the Mingan Archipelago, Québec. Colonial Waterbirds 8:166-177.

Clifford L. D. y D. J. Anderson. 2001. Food limitation explains most clutch size variation in the Nazca Booby. *Journal of Animal Ecology* 70: 539-545.

Clode, D. 1993. Colonially breeding seabirds: predatory or prey? *Trends in Ecology and Evolution* 8:336-338.

Cody, M.L. 1985. An introduction to habitat selection in birds. En M.L. Cody (ed.). *Habitat selection in birds*. Academic Press, New York.

Coulson, J. C. 1968. Differences in the quality of birds nesting in the centre and on the edges of a colony. *Nature* 217:478-479.

Danchin, E., T. Boulinier y M. Massot. 1998. Conspecific reproductive success and breeding habitat selection : implications for the evolution of coloniality. *Ecology* 79:2415-2428.

Davis, L. S. y F. T. McCaffrey. 1986. Survival analysis of eggs and chicks of Adélie penguins (*Pygoscelis adeliae*). *Auk* 103:379-388.

De la Lanza-Espino y Cáceres-Martínez (eds.) 1994. *Lagunas costeras y el litoral mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. 525 pp.

Duffy, D. C. 1991. Ants, ticks, and nesting seabirds: dynamic interactions?. pp. 242-257. En J. E. Loye y M. Zuk (eds.). *Bird-Parasite Interactions: Ecology, Evolution and Behavior*. Oxford University Press. 325 pp.

Everett, W.T. y D.W. Anderson. 1991. Status and conservation of the breeding seabirds on offshore pacific islands of Baja California and the Gulf of California. *International Council of Bird Protection Technical Publication* 11:115-139.

Engilis, Jr., A. L. W. Oring, E. Carrera, J. W. Nelson y A. Martinez Lopez. 1998. Shorebird surveys in Ensenada Pabellones and Bahia Santa Maria, Sinaloa, Mexico: Critical habitats for Pacific Flyway shorebirds. *Wilson Bulletin* 110:332-341.

Fernandez, G. y D. B. Lank. 2006. Sex, age, and body size distributions of western sandpipers during the nonbreeding season with respect to local habitat. *Condor* 108:547-557.

Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca; Pacífico centro-oriental. FAO. Roma. 3 vol.

Furness, R. W. 1983. Variations in size and growth of Great Skua *Catharacta skua* chicks in relation to adult age, hatching date, egg volume, brood size and hatching sequence. *Journal of Zoology*. (Londres) 199:101-116.

Furness, R. W. 1987. Kleptoparasitism in seabirds, pp 77-100 Crowall, J. P. (ed.), *Seabirds: feeding ecology and role in marine ecosystem*. Cambridge University. Cambridge. Inglaterra.

Gandini, P., E. Frere y D. Boersma. 1997. Efectos de la calidad de hábitat sobre el éxito reproductivo del pingüino de Magallanes (*Spheniscus magallanicus*) en Cabo Vírgenes, Santa Cruz, Argentina. *Ornitología Neotropical* 8:37- 48.

Gochfeld, M. y J. Burger. 1996. Family *Sternidae* (Terns). Pp. 624-667 en J. del Hoyo, A. Elliot y J. Sargatal (eds). *Handbook of the birds of the world*. Vol. 3. Hoatzin to Auks. Lynx Ediciones Barcelona.

González-Bernal, M.A., X. Vega y E. Mellink. 2003. Nesting of Western Gulls in Bahía de Santa María – La Reforma, Sinaloa, México. *Western Birds* 34:175-177.

González-Solís, J., D. Oro, y L. Jover. 1995. Predation, kleptoparasitism and disturbances by Yellow-legged Gull on Audouin's Gull in two western Mediterranean colonies. Pp 20 en M. L. Tasker (ed.). *Threats to seabirds*. Proceedings of the 5th International Seabird Group conference. Seabird Group. Sandy, Bedfordshire. U. K.

Good, T. P. 2002. Breeding success in the Western Gull y Glaucous-winged Gull complex: The influence of habitat and nest-site characteristics. *Condor* 104: 353-365.

Gotmark, F. 1984. Food and foraging in five European Larus gulls in the breeding season: a comparative review. *Ornis Fenica* 61:9-18.

Gotmark, F. y M. Anderson. 1984. Colonial breeding reduces nest predation in the Common Gull (*Larus canus*). *Animal Behavior* 32:485-492.

Guevara – Medina, M. A., J. A. Castillo – Guerrero y E. Mellink. 2008. Interannual Variability in Breeding Parameters of the Red-Billed Tropicbirds (*Phaethon aethereus*) on Farallon de San Ignacio, Sinaloa: 2004 vs. 2007. Abstracts of the Pacific Seabird Group 35th Annual Meeting, Blaine, Washington, 27 February – 2 March 2008. 35:69.

Hamilton, W. D. 1971. Geometry for the selfish herd. *Journal of Theoretical Biology* 31:295-311.

Harris, M. P., S. Wanless, T. R. Barton y D. A. Elston. 1997. Nest site characteristics, duration of use and breeding success in the Guillemot *Uria aalge*. *Ibis* 139: 468-476.

Hernández, A. y X. Ruiz. 2003. Pradation on common tern eggs by the Yellow-legged Gull at the Ebro Delta. *Scientia Marina* 67 (Suppl. 2):95-101.

Hockey, P. A. R. 1996. Family *Haematopodidae* (Oystercatchers). Pp. 308-325 en J. Del Hoyo, A. Elliot y J. Sargatal (eds). *Handbook of the birds of the world*. Vol. 3. Hoatzin to Auks. Lynx Ediciones Barcelona.

Hunt, G. L., JR, N. M. Harrison y R. T. Cooney. 1990. The influence of hydrographic structure and prey abundance on foraging of Least Auklets. *Studies in Avian Biology* 14:7-22.

Juventin, P., J. Bried y E. Ausilio. 1996. Life-history variations of the Lesser Sheatbill *Chionis minor* in contrasting habitats. *Ibis* 138: 732-741.

Kato, A., Y. Watanuki y Naito. 2003. Annual and seasonal changes in foraging site and diving behavior in Adélie penguins. *Polar Biology* 26:389-395.

Kitaysky A., G. J. Hunt, E. Flint, M. Rubega, y M. Decker. 2000. Resource allocation in breeding seabirds: responses to fluctuations in their food supply. *Marine Ecology Progress Series* 206:283-296.

Kramer, G.W. y R. Migoya. 1989. The Pacific coast of Mexico. Pp. 507-528 en L.M. Smith, R.L. Pederson y R.M. Kaminski (eds.). *Habitat Management for Migrating and Wintering Waterfowl in North America*. Texas Tech University. Lubbock, Texas.

Lack, D. 1968. *Ecological adaptations for breeding in birds*. Methuen London.

Langham, N. P. 1974. Comparative Breeding Biology of the Sandwich Tern. *Auk* 91:255-277.

Langham, N. P. y K. Hulsman. 1986. The breeding biology of the Crested Tern *Sterna bergii*. *Emu* 86:23-32.

Leopold, A.S. 1965. *Fauna silvestre de México*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México, D. F. 608 pp.

Lluch-Cota, D., D. Lluch-Belda, S. Lluch-Cota, J. López-Martínez, M. Nevárez-Martínez, G. Ponce-Díaz, G. Salinas-Zavala, A. Vega-Velázquez, J. R. Lara-Lara, G. Hammann y J. Morales. 1999. Las pesquerías y El niño. 137-180. En: Magaña V. O. (Ed). *Los impactos de El Niño en México*. Secretaría de Gobernación. México.

Lockley, T. C. 1995. Effect of imported fire ant predation on a population of the Least Tern an endangered species. *Southwestern Entomology* 20:517-519.

Malacalza, V. E. y J. R. Navas. 1996. Biología y ecología reproductiva de *Phalacrocorax albiventer* (Aves: Phalacrocoracidae) en Punta León, Chubut, Argentina. *Ornitología Neotropical* 7:53-61.

Massaro, M., J. W. Chardine, y I. L. Jones. 2001. Relationships between Black-legged Kittiwake nest-site characteristics and susceptibility to predation by large gulls. *Condor* 103:793-801.

Massaro, M., J. W. Chardine, I. L. Jones y G. J. Robertson. 2000. Delayed Capelin (*Mallotus villosus*) availability influences predatory behaviour of large gulls on Black-legged Kittiwakes (*Rissa tridactyla*), causing a reduction in kittiwake breeding success. *Canadian Journal of Zoology* 78:1588-1596.

Mellink, E. 2003. Effect of the 1997-1998 El Niño and 1998-1999 La Niña events on breeding waterbirds and sea lions in the Upper Gulf of California, México. *Geofísica Internacional* 42:539-546.

Mellink, E., J. Domínguez y J. Luévano. 2001. Diet of Eastern Pacific Brown Boobies *Sula leucogaster brewsteri* on Isla San Jorge, north-eastern Gulf of California, and an April comparison with diets in the Middle Gulf of California. *Marine Ornithology* 29:39-44.

Mellink, E. y E. Palacios. 2007. Colonies of Four Species of Terns and the Black Skimmer in Western México. *Waterbirds* 30:358-366.

Montecocchi, W. A. y R. A. Myers. 1995. Prey harvest of seabirds reflect pelagic fish and squid abundance on multiple spatial and temporal scales. *Marine Ecology Progress Series* 117:1-9.

Montecocchi, W. A. y R. A. Myers. 1996. Dietary changes of seabirds indicate shifts in pelagic food webs. *Sarsia* 80:313-322.

Muñoz del Viejo A., X. Vega, M. A. González y J. M. Sánchez. 2004. Disturbance sources, human predation and reproductive success of seabirds in tropical coastal ecosystems of Sinaloa State (Mexico). *Bird Conservation Internacional* 14:191-202.

Nisbet, I. y M. J. Welton. 1984. Seasonal variations in breeding success of Common Terns: Consequences of predation. *Condor* 86:53-60.

Nisbet, I., J. Spendelov y J. Hatfield. 1995. Variations in growth of Rosetate Tern chicks. *Condor* 97:335-344.

NOAA. 2007. <http://www.noaanews.noaa.gov>

O'Connell, T. J. y R. A. Beck. 2003. Gull predation limits nesting success of terns and skimmers on the Virginia barrier islands. *Journal of Field Ornithology* 74:66-73.

Oltra, C. y M. A. Gómez. 1997. Amenazas humanas sobre las poblaciones nidificantes de limícolas en ecosistemas litorales. Pp. 175-200 en A. Barbosa (ed). *Las aves limícolas de España*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Madrid.

Oro, D. 1996a. Colonial seabird in dense and small sub-colonies: an advantage against aerial predation. *Condor* 98:848-850.

Oro, D. 1996b. Interspecific kleptoparasitism in Audouin's gull *Larus audouinii* at the Ebro Delta, northeast Spain: a behavioural response to low food availability. *Ibis* 138:218-221.

Oro, D., y A. Martínez-Villalta. 1994. Factors affecting kleptoparasitism and predation rates of Audouin's Gull *Larus audouinii* by the Yellow-legged Gull *Larus cachinnans* at the Ebro Delta. *Colonial waterbirds* 17:35-41.

Osorno, J. L., R. Torres y C. Macías-García. 1992. Kleptoparasitic behaviour of the Magnificent Frigatebird: sex bias and success. *Condor* 94:692-698.

Paredes, R. y C. B. Zavalaga. 2001. Nesting sites and nest types as important factors for the conservation of Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*). *Biological Conservation* 100:199-205.

Pierotti, R. y C. A. Annett. 1990. Diet and reproductive output in seabirds. *Bioscience* 40:568-574.

Piersma, T. 1996. Family *Charadriidae* (Plovers). Pp. 384-443 en J. del Hoyo, A. Elliot y J. Sargatal (eds). *Handbook of the birds of the world*. Vol. 3. Hoatzin to Auks. Lynx Ediciones Barcelona.

Porter, J. M. 1990. Patterns of recruitment to breeding group in the kittiwake *Rissa tridactyla*. *Animal Behaviour* 40:350-360.

Quintana, F. y P. Yorio. 1997. Predation by Kelp Gulls *Larus dominicanus* at a mixed-species colony of Royal and Cayenne Terns *Sterna maxima* and *S. eurygnatha* in Patagonia. *Ibis* 139: 536-541.

Quintana, F. y P. Yorio. 1999. Kleptoparasitism by Kelp Gulls on royal and cayenne terns at Punta Leon, Argentina. *Journal of Field Ornithology* 70:337-342.

Regehr, H., M. Rodway y W. Montevecchi. 1998. Anti-predator benefits of nest-site selection in Black-legged Kittiwakes. *Canadian Journal of Zoology* 76:910-915.

Regehr, H. M. y W. A. Montevecchi. 1997. Interactive effects of foodshortage and predation on breeding failure of Black-legged Kittiwakes: indirect effects of fisheries activities and implications for indicator species. *Marine Ecology Progress Series* 155:249-260.

Ricklefs, R. E. 1967. A graphical method of fitting equations to growth curves. *Ecology* 48:978-983.

Ricklefs, R. E. 1968. Patterns of growth in birds. *Ibis* 110:419-451.

Ricklefs, R. E., y S. C. White. 1975. A method for constructing growth curves from brief visits to seabird colonies. *Bird-Banding* 45:135-140.

Ricklefs, R. E. 1979. Patterns of growth in birds. V. A comparative study of development in the Starling, Common Tern, and Japanese Quail. *Auk* 96:10-30.

Robinson, S. K. 1985. Coloniality in the Yellow-Rumped Cacique as a Defense against Nest Predators. *Auk* 102:506-519.

Schreiber, E. A. y R. W. Schreiber. 1980. Breeding biology of Laughing Gulls in Florida. Part II: Nestling parameters. *Journal of Field Ornithology* 51:340-355.

Serrano D. y E. Ramírez-Félix. 2003. Implementación de un modelo hidrodinámico en el sistema lagunar de Santa María La Reforma, Sinaloa. *INpescA* 1:33-39.

Shauer, J. H. S. y E. C. Murphy. 1996. Predation on eggs and nestlings of common Murres (*Uria aalge*) at Bluff, Alaska. *Colonial Waterbirds* 19:186-198.

Suazo, E. 2004. Biología reproductiva y hábitos de forrajeo del bobo café, *Sula leucogaster*, en dos Islas del Golfo de California, 2003-2004. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 74 pp.

Sorokaitė J. y R. R. Rudrys. 2000. Some aspects of the common tern (*Sterna hirundo*) breeding biology on the Kretuonas Lake island. *Acta Zoologica Lituanica* 10:39-47.

Springer A. M., D. G. Roseneau, E. C. Murphy y M. I. Springer. 1984. Environmental controls of marine food webs: Food habits of sea birds in the eastern Chukchi Sea. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 41: 1202-1215.

Suryan R. M. y D. B. Irons. 2001. Colony and population dynamics of Black legged Kittiwakes in a heterogeneous environment. *Auk* 118: 636-649.

Tenaza, R. 1971. Behavior and nesting success relative to nest location in Adélie penguins (*Pygoscelis adeliae*). *Condor* 73:81-92.

Tovar, H., V. Guillén y M. E. Nakama. 1987. Monthly population size of three guano bird species of Peru, 1953 to 1982, pp 208-218 en D. Pauly e I. Tsukayama (eds.). *The peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: Three decades of change*. ICLARM Studies and Reviews 15. IMARPE, GTZ, ICLARM. Manila, Filipinas.

Veen, J. 1977. Functional and causal aspects of nest distribution in colonies of the Sandwich Tern (*Sterna sandvicensis*). *Behaviour Supplement* 10:1-193.

Velando, A. y J. Freire. 1999. Coloniabilidad y conservación de aves marinas: el caso del cormorán moñudo. *Etología* 7:55-62.

Velando, A. y J. Freire. 2001. How general is the central-periphery distribution among seabirds colonies? Nest spatial pattern in the European Shag. *Condor* 103:544-554.

Velarde, E. 1989. Conducta y ecología de la reproducción de la gaviota parda (*Larus heermanni*) en Isla Rasa, Baja California. Ph.D.diss. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Velarde, E. 1993. Predation of nesting larids by peregrine falcons at Rasa Island, Gulf of California, Mexico. *Condor* 95:706-708.

Velarde, E. 1999. Breeding biology of Hermann's Gulls on Isla Rasa, Gulf of California, Mexico. *Auk* 116:513-519.

Vine, I. 1971. Risk of visual detection and pursuit by a predator and the selective advantage on flock behavior. *Journal of Theoretical Biology* 30:405-442.

Westerkov, K. 1950. Methods for determining the age of game bird eggs. *Journal of Wildlife Management* 14:56-67.

Wittenberger, J. F. y G. L. Hunt. 1985. The adaptative significance of coloniality in birds. *Avian Biology* 8: 1-78.

Worth, B. C. 1940. Egg Volumes and Incubation Periods. *Auk* 57: 44-60.

Zar, J. H. 1996. *Biostatistical Analisis*. Prentice Hall. U.S.A. 662 pp.

Zuria, I. y E. Mellink. 2005. Fish abundance and the 1995 nesting season of the Least Tern at Bahía San Jorge, northern Gulf of California, México. *Waterbirds* 28:172-180.

Zusi, R. L. 1996. Family *Rynchopidae* (Skimmers). Pp. 668–677 en J. del Hoyo, A. Elliot y J. Sargatal (eds). *Handbook of the birds of the world*. Vol. 3. Hoatzin to Auks. Lynx Ediciones Barcelona.