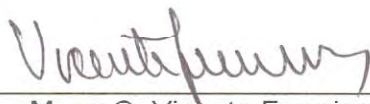


Tesis defendida por  
**Fernanda Arenas Flores**  
y aprobada por el siguiente comité



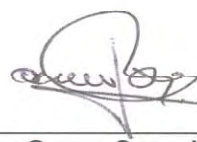
---

Dr. Horacio Jesús de la Cueva Salcedo  
Director del Comité



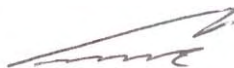
---

M. en C. Vicente Ferreira Bartrina  
Miembro del Comité



---

Dr. Oscar Sosa Nishizaki  
Miembro del Comité



---

Dr. Jaime Luévano Esparza  
Miembro del Comité



---

Dra. María Lucila del Carmen  
Lares Reyes  
Coordinador del programa de Posgrado  
en Ecología Marina



---

Dr. David Hilario Covarrubias Rosales  
Director de la Dirección Estudios de  
Posgrado

25 de septiembre de 2012

**CENTRO DE INVESTIGA  
CIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
DE ENSENADA**



---

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

---

Hábitos de forrajeo de *Sula dactylatra* y su interacción con pesquerías del Parque  
Nacional Arrecife Alacranes, Golfo de México

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias

Presenta:

Fernanda Arenas Flores

Ensenada, Baja California, México  
2012

Resumen de la tesis de Fernanda Arenas Flores, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ecología Marina.

Hábitos de forrajeo de *Sula dactylatra* y su interacción con pesquerías del Parque Nacional Arrecife Alacranes, Golfo de México

Resumen aprobado por:

---

Dr. Horacio Jesús de la Cueva Salcedo

Se analizó la dieta de *Sula d. dactylatra* del Parque Nacional Arrecife Alacranes en Isla Pájaros; se describió la estructura de su colonia; se determinó y contrastó el índice de condición corporal en Otoño 2011 y Primavera 2012; se observó el rango máximo de forrajeo; se comparó la duración de los viajes de pesca de adultos con pollo y sin pollo y se determinó la interacción de los hábitos de forrajeo de *S. d. dactylatra* con las pesquerías de Puerto Progreso, Yucatán.

La dieta de *S. d. dactylatra* mostró diferencias temporales en su presa más frecuente: en Otoño 2011 fue *Sardinella anchovia* y en Primavera 2012 *Cypselurus heterurus*. Hubo diferencias estacionales en el número de *items* consumidos y las longitudes de las presas; las variaciones estacionales en la dieta pueden deberse a la disponibilidad del alimento. La reproducción de *Sula d. dactylatra* en Isla Pájaros es asincrónica: se encuentran todos los estadios ontogénicos a lo largo del año, siendo la Primavera de 2012 la época en la que hubo más individuos adultos, nidos y pollos. En Primavera 2012 la condición corporal fue más baja que en Otoño de 2011, pero hubo menos individuos adultos, nidos y pollos en 2011. Los nidos presentaron una distribución espacial contagiosa. Los viajes de pesca de adultos con pollo y sin pollo mostraron diferencias significativas, siendo los nidos con pollo aquellos donde los padres realizaban viajes de forrajeo más cortos, siendo más frecuentes los viajes de dos horas, a diferencias de los viajes de forrajeo de adultos sin pollo donde los viajes más frecuentes fueron de 17 horas; ésta diferencia se explica por la gran presión que ejercen los pollos en cuanto a cuidados parentales tales como alimentación y protección. El radio máximo de forrajeo determinado para *S. d. dactylatra* en Arrecife Alacranes fue a 76 km del arrecife, lo cual confirma los hábitos oceánicos de esta especie. Se realizó una revisión bibliográfica de las especies más pescadas en la región y se aplicaron entrevistas semiestructuradas a pescadores palangreros de la región, se llegó a la conclusión de que la industria pesquera no significa una amenaza para la colonia de *Sula d. dactylatra*, ni por una competencia significativa de los recursos ni por muerte incidental por los artes de pesca.

Palabras clave: **estructura de la colonia, índice de condición, radio de forrajeo, frecuencia de viajes de forrajeo.**

Abstract of the thesis presented by Fernanda Arenas Flores as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Marine Ecology.

Hábitos de forrajeo de *Sula dactylatra* y su interacción con pesquerías del Parque Nacional Arrecife Alacranes, Golfo de México

Abstract approved by:

---

Dr. Horacio Jesús de la Cueva Salcedo

The diet of *Sula d. Dactylatra*, from Isla Pájaros, Parque Nacional Arrecife Alacranes was analyzed. We described the structure of the colony, determined and compared the condition index between Fall 2011 and Spring 2012 and observed the maximum foraging range; we compared the adults' fishing trips with and without chicks, and determined the interactions of the foraging habits of *S. d. dactylatra* with the fisheries of Puerto Progreso, Yucatan.

The diet of *S. d. dactylatra* showed temporal differences in the configuration of their most abundant prey: in Autumn 2011, *Sardinella anchovia* and *Cypselurus heterurus* in Spring 2012. There were seasonal differences in the number of items consumed and the lengths of the prey. Seasonal variations in the diet may be due to the food availability. Reproduction of *Sula d. dactylatra* is asynchronous, we found all ontogenetic stages throughout the year. Spring 2012 was the period when most adults, nests and chicks were present. In Spring 2012 body condition was lower than in Fall 2011, but there were fewer adults, nests and chicks in 2011. Nests showed a contagious spatial distribution. Fishing trips for adults with and without chicks showed significant differences; parents feeding chicks had shorter foraging trips, 2 hours, compared to birds without chicks, 17 hours; this difference is explained by the great pressure from chickens regarding parental care such as feeding and protection. The maximum foraging radius determined for *S. d. dactylatra* in Arrecife Alacranes was 76 km from the reef, confirming the oceanic habits of this species. We conducted a literature review of the most fished species in the region and semi-structured interviews were applied to longline fishers in the region. We concluded that the fishing industry does not threaten the *Sula d. dactylatra* colony neither for significant competition of resources nor for incidental death by fishing gear.

Key words: **colony structure, condition index, foraging radius, foraging trip frequency.**

## **Dedicatoria**

**A mis padres**

Rosalba y Bruno

**A mis hermanos**

Jimena y Bruno

“No todo lo que cuenta puede ser contado y no todo lo que puede ser contado cuenta”  
A.Einstein

## Agradecimientos

A **CICESE** y el Posgrado en Ecología Marina por darme la oportunidad de pertenecer a esta institución.

A **CONACYT** por el apoyo económico de la beca con registro 246575 otorgada durante la realización de esta maestría.

Al **INE** por el apoyo promovido a través del proyecto INE/A1-006/2011.

A la **CONANP** por las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto, principalmente a Axcán Moreno e Ignacio Sobrino.

De manera personal y muy profundamente, gracias al Doctor Horacio de la Cueva Salcedo por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto así como por su paciencia, amistad y delicados expresos.

Gracias también al Dr. Oscar Sosa Nishizaki por sus valiosos comentarios a lo largo de este trabajo. Al Dr. Jaime Luévano por sus consejos y la constante, pero necesaria, revisión de mis avances. Al M. en C. Vicente Ferreira, por sus grandes ideas y aportaciones en la resolución de la vida diaria.

Gracias muy emocionantes y emocionadas a Eulogio Lopez por todo el apoyo en campo, por las risas, los consejos y por la amistad sincera, sin ti esto no hubiera sido posible. No olvido tampoco a Antonio Low, Adriana Vallarino, Cesar Gonzalez, Thor Morales; por su apoyo en campo, amistad y por los buenos momentos en Arrecife Alacranes, gracias.

Elizabeth Farias y Eva Robles gracias por todo el apoyo brindado durante estos dos años de Maestría.

A mis padres, Rosalba y el Capi. A mi hermana Jimena. A mi hermano Bruno, por supuesto gracias a la inspiración de mi sobrina Inés. A mi familia toda: tios, primos, abuela, a todos gracias por las enseñanzas de vida y por su infinito amor, gracias. Los amo.

Infinita gratitud también a mi familia en Ensenada: Almis "mi wera", Anita, Asier, Cata, Cicala, Cin, Cons, Erika, Romie, que han hecho de esta experiencia, única e inolvidable, un tiempo de responsabilidades llenas de gozo. Los llevo a todos conmigo en el corazón. Gracias por los consejos, risas y enseñanzas. A la ciudad de Ensenada por arroparme y dejarse conocer por mí.

Especiales y sentidas gracias a Evita por su amistad sincera e inigualable. Por los cálidos momentos vividos y por ser además de una gran amiga, una psicóloga, doctora, mamá sustituta, guía espiritual y demás cosas que ahora no recuerdo, pero que nunca olvido. Evita, no sé que habría hecho sin ti.

A todas mis hermanas y hermanos de vida alrededor del mundo, que a pesar de estar lejos siempre se sintieron tan cerca.

A mis compañeros de maestría.

Y por supuesto a Beto y a Mambito por empezar este largo viaje conmigo ... los llevo en el corazón.

A todos ustedes les comparto un regalo...los quiero.

*Crece a tiempo, sin prisas.  
Entre la tortuga y la liebre, se la fabula.  
No escarbes, no reces, no culpes...constrúyete.  
Palabra a palabra, guarda silencio.  
Conoce al hombre, se amigo de las fieras.  
Provoca un milagro; que sepa besar y andar desnuda.  
Brinda por tu salud.  
Juega al ajedrez con el tiempo.  
Limpia las lagrimas en el espejo de la mama.  
Enseña a sanar a quién te ha herido.  
Resguarda el olvido y la memoria, sigue adelante.  
Desentierra tesoros.  
Da de alta a Dios.  
Aflójate los tornillos.  
Se siempre un héroe en cubierto, revela tu anonimato.  
Ten piedad de los adultos.  
Ignora a quien te hable de lo que quiere hacer o de lo que ha hecho.  
No hagas un alarde de tu humildad; eres un gigante.  
Tira una moneda en cada fuente, un deseo en cada tren.  
No sigas a nadie, no te hagas seguir... limpia para estar solo.  
Ve de vacaciones también a casa.  
No robes más de lo que puedas pagar.  
Desprecia el lujo, el capricho, y la pereza.  
Da tu vida como propina a una camarera si huele a bosque de cuento.  
Bendice la tierra que provee los caminos.  
Ampárate en las azoteas y di que has sido una nube.  
Ante el más brillante enemigo, confía siempre en el bando que tú has elegido.  
Los excesos son malos cuentos que han contado sobre el placer.  
Bésala, bésala mucho...también el paraíso es para ti.  
No des cátedra, no te hagas ver, no te pases de listo.  
Hazte fuerte solo para dar fuerza al otro.  
Se de los amigos el que más los quiere, cuida para ellos tus pertenencias.  
Que no te agobien las cosas "mejores", honra tú tu propio hacer.  
Olvida llamarme en mi aniversario, cerciórate que aun siga joven.  
Confía en la certeza de lo invisible.  
Ama a muerte la vida.  
Respeto a los vagabundos, a los borrachines y a la madre de los que creen saberlo todo.  
Lee a Borges, escucha a Dylan y se un momento al día como cuando fuiste niño.... O. A.*

## Contenido

Resumen.....	1
Abstrat.....	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Lista de figuras.....	8
Lista de tablas.....	10
1. Introducción.....	11
1.1 Antecedentes.....	13
1.1.1 Descripción de la especie.....	13
1.1.2 Distribución.....	14
1.1.3 Biología reproductiva.....	15
1.1.4 Ecología trófica.....	16
1.1.5 Ictiofauna del Parque Nacional Arrecife Alacranes.....	19
1.1.6 Pesquería en Yucatán.....	21
1.2 Justificación.....	24
1.3 Objetivos.....	25
2. Materiales y métodos .....	26
2.1 Área de estudio.....	26
2.1.2 Características de las islas de Arrecife Alacranes.....	28
2.2 Métodos.....	30
2.3 Determinación de la dieta.....	30
2.4 Descripción de la estructura de la colonia.....	31
2.5 Índice de condición corporal .....	33
2.6 Frecuencias de viajes de pesca de adultos con pollo y sin pollo, y distancias de forrajeo.....	34
2.7 Interacción entre los hábitos de forrajeo de <i>S. d. dactylatra</i> con las pesquerías de Puerto Progreso.....	34
2.8 Análisis de datos.....	35
3. Resultados .....	36
3.1 Dieta de <i>Sula d. dactylatra</i> de Isla Pájaros.....	36
3.2 Estructura de la colonia de <i>Sula d. dactylatra</i> en Isla Pájaros.....	39
3.3. Índice de condición corporal de la colonia de <i>S. d. dactylatra</i> .....	45
3.4. Frecuencias de viajes de pesca de adultos con pollo y sin pollo, distancia de forrajeo.....	47
3.5 Interacción entre los hábitos de forrajeo de <i>S. d. dactylatra</i> con las pesquerías de Puerto Progreso.....	49
4. Discusión.....	52
5. Conclusiones.....	61



Referencias bibliográficas..... 62  
Anexo A..... 70

## Lista de figuras

- Figura 1. Sitio de fondeo y de pesca comercial del buque pesquero de los Pescadores de Sisal (Cólas-Marrufo *et al.* 2002, p.434).....23
- Figura 2. Ubicación geográfica del Parque Nacional Arrecife Alacranes (ARCVIEW-Fernanda Arenas Flores).....27
- Figura 3. Distribución de las cinco Islas del Parque Nacional Arrecife Alacranes (Recuperado: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)).....29
- Figura 4. Pollo de aproximadamente 29 días de edad, *Sula d. dactylatra* Isla Pájaros, Arrecife Alacranes (foto: Fernanda Arenas, PNAA).....32
- Figura 5. Volantón de aproximadamente 70 días de edad, *Sula d. dactylatra* Isla Pájaros, Arrecife Alacranes (foto: Fernanda Arenas, PNAA).....32
- Figura 6. Distribución de las masas de las presas (g) consumidas por presas *Sula d. dactylatra*, en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes en otoño de 2011 y primavera de 2012.....38
- Figura 7. Distribución de longitudes de las presas consumidas por *Sula d. dactylatra*, en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes en otoño de 2011 y primavera de 2012.....39
- Figura 8. Localización de los nidos de *S. d. dactylatra* en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes. La parte blanca de la isla es la arena y la parte sombreada es una vegetación insular compuesta por arbustos muy pequeños, • nidos de 2011 • nidos de 2012.....40
- Figura 9. Localización de los nidos de *S. d. dactylatra* en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes en otoño 2011, los nidos están conformados por • parejas, • parejas con un polluelo y • parejas con un volantón.....41
- Figura 10. Localización de los nidos de *S. d. dactylatra* en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes en otoño 2011, los nidos están conformados por • parejas con huevo, • parejas con polluelo y huevo y • huevos que probablemente fueron abandonados por sus padres.....42
- Figura 11. Localización de los nidos de *S. d. dactylatra* en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes en primavera 2012, los nidos están conformados por • parejas, • parejas con un polluelo y • parejas con

	un volantón.....	43
Figura 12.	Localización de los nidos de <i>S. d. dactylatra</i> en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes en primavera 2012, los nidos están conformados por $\bullet$ parejas con huevo, $\bullet$ parejas con polluelo y huevo $\bullet$ huevos que probablemente fueron abandonados por sus padres.....	44
Figura 13.	Relación entre las variables de la masa (g), versus la envergadura del ala (cm) para individuos adultos de <i>Sula d. dactylatra</i> en 2011 y 2012. Formula obtenida por la regresión lineal para obtener la masa teórica para el Índice de Condición Corporal (BCI).....	46
Figura 14.	Gráfico de dispersión del Índice de condición corporal (BCI) de individuos de la colonia de <i>Sula d. dactylatra</i> en 2011 y 2012, BCI = 1 el adulto tiene una masa normal con respecto a su envergadura, BCI < 1 el ave presenta una baja condición corporal con respecto a su envergadura y BCI > 1 el ave presenta una condición del cuerpo elevada con respecto a su envergadura, $\blacklozenge$ Índice de condición corporal de aves en noviembre de 2011, $\blacksquare$ Índice de condición corporal de aves en mayo de 2012.....	47
Figura 15.	Frecuencias de los viajes de pesca (horas) de individuos de <i>S. d. dactylatra</i> $\blacksquare$ sin pollo y $\blacksquare$ con pollo en isla Pájaros, Arrecife Alacranes.....	48
Figura 16.	Viajes de forrajeo de <i>Sula d. dactylatra</i> , el viaje de forrajeo más largo es de 75.84 km, $\bullet$ individuos de <i>Sula d. dactylatra</i> .....	49
Figura 17.	Agregación de nidos de <i>S. d. dactylatra</i> de 2011 a 2012 de en Isla Pájaros, la parte blanca de la isla es sustrato arenoso con una ligera pendiente, la área sombrada esta cubierta por vegetación insular.....	55

## Lista de tablas

Tabla 1.	Lista de órdenes y familias de peces presentes en el Parque Nacional Arrecife Alacranes (Modificado de González-Gándara y Arias-González 2001, p. 248).....	19
Tabla 2.	Principales recursos pesqueros de Yucatán, México (Modificado de Mexicano-Cíntora <i>et al.</i> 2009, p. 28).....	21
Tabla 3.	Composición de la dieta de <i>S. d. dactylatra</i> en otoño 2011 y primavera 2012 en isla Pájaros, Arrecife Alacranes. Se muestra la frecuencia, abundancia relativa, peso promedio (g) y longitud promedio (cm), las últimas dos medidas con sus desviaciones estándar.....	37
Tabla 4.	Intervalo de las longitudes (cm) de las presas consumidas por <i>Sula d. dactylatra</i> en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes durante otoño 2011 y primavera 2012.....	37
Tabla 5.	Intervalo de las masas (g) de las presas consumidas por <i>Sula d. dactylatra</i> en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes durante otoño 2011 y primavera 2012.....	38
Tabla 6.	Número de organismos por estadio ontogénico de <i>S. d. dactylatra</i> presentes en isla Pájaros, Arrecife Alacranes durante Noviembre de 2011 y Mayo de 2012.....	39
Tabla 7.	Tipos de distribuciones espaciales (Modificado de Brower <i>et al.</i> 1977, p. 136).....	45

## 1. Introducción

---

Las aves marinas son componentes visibles y medibles de los ecosistemas marinos, objeto de interés científico y excelentes indicadores de cambios en el medio marino (Barret *et al.* 2007). Los cambios en su demografía, salud o éxito reproductivo pueden ser indicios de problemas de contaminación en su medio o de cambios en la cantidad de alimento (Furness y Camphuysen 1997), debido a que la distribución y abundancia de colonias de aves marinas están influenciadas por la calidad y disponibilidad de un ambiente adecuado para su reproducción (Suryan y Irons 2001). Las condiciones ambientales en una colonia se pueden evaluar con el éxito reproductivo de la colonia (Clifford y Anderson 2001).

A escala oceánica, las poblaciones de aves marinas varían en estrecha relación con la producción de los ecosistemas marinos; a escalas más pequeñas, las poblaciones de aves marinas son afectadas por la disponibilidad de sus presas, las cuales pueden ser afectadas por su dinámica natural o por perturbaciones antropogénicas (Hunt y Schneider 1987, Gaston 2004). Algunos autores opinan que las poblaciones de aves están reguladas por factores denso-dependientes, entre los cuales la disponibilidad de alimento es el factor más importante. El efecto de estos factores denso-dependientes sobre las poblaciones está ligado a su variabilidad interanual y a la habilidad de las aves marinas de amortiguar estos efectos y poder alterar su comportamiento (Lack 1966 y Cairns 1987). Las aves marinas poseen una capacidad considerable para amortiguar cambios en la disponibilidad de alimento (Jahncke 1998), ya que se alimentan de una amplia gama de recursos, consumiendo principalmente lo que está disponible en un espacio y tiempo determinados. Su dieta puede variar considerablemente entre áreas, estaciones y años (Jahncke y Goya 1998). Es probable que cambios en la dieta de las aves marinas reflejen cambios en las poblaciones de sus presas o cambios en los sitios de forrajeo, los cuales se deben a cambios inherentes a sus preferencias alimentarias (Schreiber y Burger 2002).

El conocimiento de dietas es importante para inferir sobre la abundancia de peces de los que se alimentan las aves. La cercanía de algunas colonias de aves marinas a campos y puertos pesqueros, resalta la importancia de conocer la dieta y poder dilucidar posibles conflictos entre ambos (Mellink *et al.* 2001). Las pesquerías conllevan efectos adversos para las aves marinas: la pesca incidental, que causa la muerte de las aves cuando quedan atrapadas en los diferentes artes de pesca; redes de arrastre o de cerco, anzuelos o trampas para langostas; así como la afectación sobre la disponibilidad de alimento de las cual se alimentan las aves (Tasker *et al.* 2000, Furness 2003). Asimismo las industrias pesqueras, explotan principalmente a pelágicos menores, que son el principal alimento de las aves marinas (Borsford *et al.* 1997, Velarde *et al.* 2004).

Los cambios históricos en las poblaciones de aves marinas pueden estar relacionados con cambios en la biomasa de los *stocks* de peces, por lo que es importante evaluar la existencia y la fuerza de las interacciones entre aves marinas y la pesca (Duffy y Schneider 1990). La competencia entre las pesquerías y las aves marinas es más grave cuando los seres humanos y las aves compiten por las mismas especies de peces que tienen el mismo rango de tamaño (Harrison y Seki 1987, Duffy y Schneider 1990). La situación en aguas tropicales es complicada por la dependencia de las aves en los atunes, los cuáles son altamente explotados por las pesquerías (Harrison y Seki 1987). El estatus de las poblaciones de aves marinas y su conservación se pueden ver afectados por cambios en el suministro de alimento, ya que se perturban las relaciones depredador-presa dentro de las comunidades (Furness 2003).

Los datos de número y condición de aves marinas podrían dan indicios de las fluctuaciones en las poblaciones de peces y las condiciones oceanográficas (Montevecchi 1993, Frederiksen *et al.* 2004). El conocimiento de la **dieta** de aves marinas y los datos de éxito de crianza pueden ser utilizados como herramientas para medir indirectamente la situación de los peces de los que se alimentan. Muchos estudios de esta naturaleza muestran una correlación significativa entre la reproducción de aves marinas, la dieta y los parámetros de la pesca (p. ej. Velarde

*et al.* 2004). Así, el Consejo Internacional de la Exploración del Mar (ICES) ha utilizado datos de aves marinas como elemento de decisión en la gestión de las pesquerías (Velarde *et al.* 2004).

El estudio de la dieta en Súlidos, una familia de aves de distribución pantropical, ha permitido catalogarlas como especies indicadoras inmediatas de cambios en los *stocks* de peces y del efecto de la pesquería comercial, la información que se obtiene por medio de su dieta puede utilizarse como monitoreo de la estructura por talla de los *stocks* de peces, sobre todo en periodos de veda y así se puede suplir la carencia de datos provenientes de los desembarcos. Asimismo los datos estacionales de la dieta de los Súlidos podrían reflejar la disponibilidad y los ciclos reproductivos de los peces de los que se alimenta, convirtiéndose en un método importante para afrontar las demandas de información y sustento científico de los planes de manejo integral del ecosistema marino (Ashmole y Ashmole 1968, Cairns 1987, Jahncke y Zileri 1998, Jahncke y Goya 2000, García y López-Victoria 2007).

## **1.1 Antecedentes**

---

### **1.1.1 Descripción de la especie**

Las aves de la familia Sulidae poseen un cuerpo esbelto, alas largas, pico fuerte de forma cónica y una cola larga cuneada. Vuelan con aleteos vigorosos mezclados con períodos de planeo. Obtienen su alimento lanzándose en picada, de hasta unos 30 m de altura para perseguir sus presas debajo del agua. Anidan en colonias, usualmente en acantilados frente al mar y ponen de uno a tres huevos blancos (Araya y Millie 2005).

*Sula dactylatra* es la especie tropical más grande y robusta de la familia con una masa aproximada de 1.5 a 2 kg, mostrando una pequeña diferencia de tamaño entre sexos, siendo los machos ligeramente más pequeños que las hembras. Los

individuos presentan un cuerpo aerodinámico, alas largas y estrechas, cuello alargado y pico y cola puntiagudos. Un aspecto característico es la presencia de una máscara facial de color negro, la característica más distintiva de la especie y por la cual es comúnmente nombrada piquero blanco, bobo de cara azul o bobo enmascarado (Nelson 1978, Marchant y Higgins 1990).

Esta especie presenta un plumaje blanco brillante en casi todo el cuerpo y negro en las plumas primarias y secundarias, la cola a veces es completamente negra o puede ser blancuzca en el centro. Generalmente posee patas de color naranja brillante, los machos presentan esta coloración sólo en condiciones de crianza temprana, sin embargo, la coloración de las patas es muy variada y puede ir desde el amarillo, verde olivo al naranja. Ambos sexos presentan un pico de color paja brillante. El iris de los ojos siempre es de color amarillo penetrante (Nelson 1978).

Los juveniles son generalmente de color café en la parte superior del cuerpo y blanquecinos por debajo hasta la garganta. La primera muda se da en juveniles de aproximadamente siete meses; alrededor de los 29 meses el ave tiene el plumaje adulto. Los juveniles presentan un pico de color amarillento con matices azulados y un iris de color marrón hasta que se vuelve amarillo a partir de un año de edad. La piel de la cara es azulada o negruzca, sus extremidades son de color gris-verdoso y empiezan a mostrar señas de color a partir del año de edad (Nelson 1978, Marchant y Higgins 1990). Esta ave es silenciosa en el mar y ruidosa en las colonias de crianza, el llamado del macho es un silbido fino, mientras que el de las hembras es más fuerte, ambos sexos dan una serie de bocinazos fuertes cuando se alarman (Nelson 1978, Marchant y Higgins 1990).

### **1.1.2 Distribución**

*Sula dactylatra* es la especie de la familia más ampliamente distribuida, ocupando islas oceánicas y de altamar en aguas tropicales y sub-tropicales. Esta ave presenta una distribución pantropical y habita áreas de convergencia con baja



productividad entre los 30°N y los 30°S en los océanos Pacífico, Índico y Atlántico (Nelson 1966, 1978, Harrison 1983, Marchant y Higgins 1990, Anderson 1993). La distribución de la especie puede estar relacionada con la distribución de peces voladores (Marchant y Higgins 1990). *S. dactylatra* no es un ave migratoria, sin embargo, los individuos pueden ir entre islas en busca de alimento (Hutton 1991). *S. dactylatra* ha sido clasificada en varias subespecies diferenciadas principalmente en su distribución, *S. dactylatra dactylatra* (Lesson 1831) se distribuye en el mar Caribe, el océano Atlántico y el golfo de México, donde hay tres colonias en islas al norte de la Península de Yucatán: Arcas Cayos, Arenas de Cavos y Arrecife Alacranes, esto la convierte en la subespecie con la distribución más restringida de su especie (Nelson 1978, Halewyn y Norton 1984). Las subespecies presentan diferencias de tamaño, siendo *Sula d. dactylatra* la más pequeña, además los machos de esta subespecie presentan condiciones tempranas de reproducción en comparación con las otras. La distribución de las otras subespecies es: *Sula d. personata* (Gould) en el Pacífico Central extendiéndose hacia el oeste. *Sula d. melanops* (Heughlin) se distribuye al oeste del océano Índico, incluyendo el mar Árabe y el mar Rojo. *Sula d. bedouti* (Mathews) se distribuye en islas del oeste de Australia. *Sula d. granti* (Rothschild) se distribuye en las islas Galápagos y posiblemente en otras islas del Pacífico oriental tropical. *Sula d. californica* (Rothschild) se distribuye al oeste de México (Nelson 1978).

### 1.1.3 Biología reproductiva

Durante la primera mitad del siglo XX se consideraba que la oferta de espacio disponible para anidar regulaba el crecimiento de las poblaciones de aves marinas en un medio donde el alimento podía considerarse como ilimitado. Posteriormente, con la aparición de la pesquería industrial, el alimento pasó a ser un factor limitante en el crecimiento de las poblaciones de aves marinas (Jahncke 1998). Para *S. dactylatra* las características del medio ambiente dominan su ecología

reproductiva siendo la disponibilidad de alimento y las condiciones oceanográficas los factores más importantes para su éxito reproductivo (Nelson 1978, Velarde *et al.* 2004). *S. dactylatra* se caracteriza por agruparse en colonias pequeñas. La primera reproducción ocurre a partir de los tres años de edad, generalmente ponen de uno a dos huevos, estos eclosionan con cinco días de diferencia, habitualmente sólo sobrevive el primer polluelo, las crías son de crecimiento lento. *S. dactylatra* es monógama y ambos padres incuban los huevos en un período de 42 a 46 días. A diferencia de otros súlidos, la mayoría de las zonas de anidación son planas, rara vez se reproducen en acantilados *S. dactylatra* no construye su propio nido, pues utilizan círculos en un terreno despejado, el escaso material para el nido es recolectado por los machos. Por lo general son vistos solos o en parejas, pueden encontrarse mar adentro, ya que *S. dactylatra* es el bobo más oceánico (Nelson 1978, Hutton 1991, Schreiber y Burger 2002).

#### **1.1.4 Ecología trófica**

Los bobos muestran diferentes zonas de alimentación, *S. dactylatra* se alimenta fuera de la costa y usualmente entre islas (Faaborg 1988). Su principal alimento son los peces voladores de la familia Exocoetidae (Nelson 1978, Schreiber y Burger 2002) y peces de aproximadamente 20 cm de largo (Harrison y Seki 1987). Otro componente importante de su dieta son los calamares (Nelson 1978). El alimento lo obtiene echándose clavados desde una altura aproximada de 10 m alcanzado una profundidad en la columna de agua de 3.35 m (Marchant y Higgings 1990). *S. dactylatra* forrajea en aguas profundas, sin embargo, durante la época de reproducción, los adultos tienden a forrajear en aguas poco profundas cercanas a sus colonias (Marchant y Higgins 1990), ya que la reproducción se realiza en tierra y las restricciones impuestas por el medio ambiente marino en la búsqueda de alimento de aves marinas son especialmente fuertes. En estas condiciones las aves viajan entre colonias y en diferentes zonas de alimentación (Ashmole 1971).

Se ha reportado que *S. dactylatra* forrajea en un rango que va de los 5 hasta 250 km de la colonia en busca de alimento lo cual confirma sus hábitos oceánicos. Sus viajes de pesca pueden ser de corta duración: de 0.5 a 2 horas, con un alcance que va de los 8 a 24 km, precedidos por viajes con una duración de 5 a 13 horas, con un alcance que oscila entre los 50 a 142 km. Los viajes de pesca más largos presentan una duración de 15 a 18 horas con un alcance de 215 a 250 km; la velocidad promedio con la que los bobos enmascarados realizan sus viajes de forrajeo es de 42 km/h, con una velocidad máxima de 115 km/h (Weinmerskirch *et al.* 2008). *S. dactylatra* realiza sus viajes de forrajeo principalmente durante el día, ya que por la noche es propensa a ataques de depredadores. Por esto el tiempo que las aves pasan sentadas en el agua y el buceo se produce casi exclusivamente durante el día y la tarde (Weinmerskirch *et al.* 2008).

Diversos estudios evidencian que aves marinas pertenecientes a la familia Sulidae reflejan la abundancia de varias especies de peces explotadas por las pesquerías comerciales por lo que se ha despertado el interés científico y se han realizado trabajos para determinar las dietas de aves de la familia Sulidae:

Schreiber y Henseley (1976) analizaron la dieta de tres especies del orden Pelicaniformes *S. dactylatra*, *S. sula* y *Fregata minor*, en la Isla Navidad en el océano Pacífico, siendo *S. dactylatra* la especie con menor número de especies en su dieta (cuatro especies de la familia Exocoetidae y una especie de la familia Scombridae). Sin embargo, fue la especie que mostró mayor volumen y sus presas fueron las de mayor tamaño. Estos autores concluyeron que el tamaño del ave está directamente relacionado con el tamaño de su alimento y que la partición de los recursos se realiza a través de las diferencias entre especies en sus hábitos de forrajeo, zonas de alimentación y preferencias alimenticias.

Harrison *et al.* (1984) analizaron la dieta de *S. leucogaster* y *S. dactylatra* en el atolón Rose de Samoa, donde la dieta de *S. dactylatra* consistió en peces voladores, calamares de la familia Ommastrephidae y atunes. Sin embargo, la dieta de *S. leucogaster* estaba conformada por un mayor número de *items*. Por lo que estos autores proponen que *S. leucogaster* presenta una mayor habilidad para

explotar un mayor número de presas disponibles, a diferencia de *S. dactylatra* la cual presenta una dieta más estable en este sistema en particular.

Jahncke y Goya (2000) estudiaron la ecología alimenticia de *S. variegata*, *S. nebouxii* y *S. dactylatra* en la isla Tierra de Lobos, Perú. Analizaron su dieta y las condiciones oceanográficas durante tres años, dentro de los cuales se presentó el fenómeno del El Niño; este evento redujo drásticamente la disponibilidad de la anchoveta cerca de las islas. Encontrando diferencias en el número de *items* y de masa en la dieta de los tres bobos. Éstos mostraron diferentes respuestas a los cambios oceanográficos producidos como consecuencia de El Niño, pues al ver disminuida la disponibilidad de anchoveta, *S. variegata* abandonó la isla mostrando una alta dependencia a la anchoveta, sin embargo, *S. dactylatra* y *S. nebouxii* cambiaron su estrategia alimentaria a cazadores oportunistas. En el caso de *S. dactylatra* se alimentó de presas más oceánicas, mientras que *S. nebouxii* recurrió a peces más costeros. Esto sugiere que la abundancia y disponibilidad de su presa favorita, en este caso la anchoveta, determina cambios en sus estrategias de forrajeo. Asimismo, sugiere que estudios de las dietas de aves de la familia Sulidae son de gran ayuda para analizar la dependencia que tienen con sus presas y cómo sus hábitos son fuertemente alterados por fenómenos oceanográficos o por la competencia con las pesquerías por el mismo recurso (Mellink *et al.* 2001, García y Lopez-Victoria 2007). Otros estudios demuestran que especies de esta familia, como *S. variegata*, y las pesquerías industriales explotan la misma parte del *stock*, debido a que los pájaros bobos buscan presas de un tamaño óptimo para lograr una buena relación costo-beneficio y en algunos casos se traslapa con el tamaño de los peces explotados por las pesquerías industriales, lo que sugiere una fuerte competencia entre las aves marinas y las pesquerías (Tovar y Guillen 1988, Jahncke y Zileri 1998).

### 1.1.5 Ictiofauna del Parque Nacional Arrecife Alacranes

Estudios preliminares permitieron identificar en la zona de Arrecife Alacranes a 142 especies de peces teleósteos agrupados en 82 géneros y 41 familias. Las especies más representativas en cuanto a su diversidad corresponden a los serranidos con al menos 12 especies de los géneros: *Cephalopholis*, *Epinephelus*, *Mycteroperca*, *Hypoplectrus* y *Serranus* (Hildebrand *et al.* 1964). Entre 1997 y 1999 se realizaron censos visuales, así como censos con diferentes artes de pesca como chinchorro, red de enmalle, red de mano, anzuelo y arpón; también se muestrearon las capturas de los barcos pesqueros que operan en Arrecife Alacranes registrando para el parque nacional una ictiofauna compuesta por 65 familias, 141 géneros y 279 especies. Las familias mejor representadas por su número de especies fueron Serranidae (23), Scaridae (13), Pomacentridae (13), Labridae (12) y Gobiidae (12), otras de las familias presentes son de importancia pesquera como Clupeidae y Engraulidae (González-Gándara y Arias-González 2001) (Tabla 1).

**Tabla 1. Lista de órdenes y familias de peces presentes en el Parque Nacional Arrecife Alacranes (Modificado de González-Gándara y Arias-González 2001, p. 248).**

Orden	Familia	Orden	Familia
<b>ORECTOLOBIFORMES</b>	Ginglymostomatidae	<b>PERCIFORMES</b>	Rachycentridae
<b>CARCHARNIFORMES</b>	Carcharhinidae		Carangidae
<b>RAJIFORMES</b>	Narcinidae		Lutjanidae
	Rhinobatidae		Gerreidae
	Dasyatidae		Haemulidae
	Urolophidae		Inermiidae
	Myliobatidae		Sparidae
<b>ELOPIIFORMES</b>	Megalopidae		Scianidae

Tabla 1. Continuación

<b>ALBULIFORMES</b>	Albulidae		Mullidae
<b>ANGULLIFORMES</b>	Muraenidae		Pempheridae
<b>CLUPEIFORMES</b>	Ophichthidae		Chaetodontidae
	Nettastomatidae		Pomacanthidae
	Engraulidae		Kyphosidae
	Clupeidae		Cirrhitidae
<b>AULOPIFORMES</b>	Synodontidae		Pomacentridae
<b>OPHIDIIFORMES</b>	Bythitidae		Labridae
<b>BATRACHOIDIFORMES</b>	Batrachoididae		Scaridae
<b>LOPHIIFORMES</b>	Ogcocephalidae		Tripterygiidae
<b>MUGILIFORMES</b>	Mugilidae		Labrisomidae
<b>ATHERINIFORMES</b>	Atherinidae		Chaenopsidae
<b>BELONIFORMES</b>	Belonidae		Blenniidae
	Hemiramphidae		Gobiidae
<b>BERYCIFORMES</b>	Holocentridae		Microdesmidae
<b>GASTEROSTEIFORMES</b>	Syngnathidae		Acanthuridae
	Aulostomidae		Sphyraenidae
<b>ESCORPAENIFORMES</b>	Scorpaenidae		Scombridae
<b>PERCIFORMES</b>	Serranidae	<b>PLEURONECTIFORMES</b>	Bothidae
	Grammatidae	<b>TETRAODONTIFORMES</b>	Balistidae
	Opistognathidae		Monacanthidae
	Priacanthidae		Ostraciidae
	Apogonidae		Tetraodontidae
	Malacanthidae		Diodontidae
	Echeneidae		

### 1.1.6 Pesquerías en Yucatán

La industria pesquera yucateca cuenta con 500 embarcaciones dotadas con equipos, de diferentes artes de pesca y capacidades de navegación (Aldana y Domínguez 1994). Esta industria se sitúa entre una de las más destacadas del país y en particular del Golfo de México. De esta actividad pesquera dependen más de 15,000 pescadores y participan las cooperativas *Kukilkán-ha*, *Pescadores de Sisal*, *Jurisdicción de la Costa Marítima de Yucatán*, *Pescadores del Golfo*, *Dzilam de Bravo*, *Baldiosera*, *Pescadores de Celestún Cox Cay Va*, *Tigres*, *Pescadores del Mayal*, *Chocho-ha* y *Santa Clara*. La pesca en Yucatán se ha transformado en los últimos 25 años con inclusiones de nuevas especies como mero, huachinango, carito, sierra, tiburón y cazón (Aldana y Domínguez 1994). Para el estado de Yucatán la pesca ha representado una actividad costera de gran importancia económica y social, pero empieza a enfrentar problemas de sobreexplotación, siendo los principales recursos pesqueros los que se presentan en la siguiente tabla (Mexicano-Cíntora *et al.* 2009) (Tabla 2).

**Tabla 2. Principales recursos pesqueros de Yucatán, México (Modificado de Mexicano-Cíntora *et al.* 2009, p. 28).**

Nombre común	Nombre científico
<b>Bonito</b>	<i>Euthynnus alletteratus</i> , <i>Sarda sarda</i>
<b>Carito</b>	<i>Scomberomorus cavala</i>
<b>Cazón</b>	<i>Rhizoprionodon terraenovae</i> , <i>Mustelus canis</i> , <i>Carcharhinus</i> sp.
<b>Corvina</b>	<i>Cynoscion</i> sp.
<b>Chac-Chi</b>	<i>Haemulon plumieri</i>
<b>Huachinango</b>	<i>Lutjanus campechanus</i> , <i>L. bucanella</i> , <i>L. vivanus</i>
<b>Langosta</b>	<i>Panulirus argus</i>
<b>Mero</b>	<i>Epinephelus morio</i>
<b>Pulpo</b>	<i>Octopus maya</i> , <i>O. vulgaris</i>
<b>Rubia</b>	<i>Lutjanus synagris</i> , <i>Ocyurus chrysurus</i>
<b>Sardina</b>	<i>Harengula</i> sp., <i>Opisthonema oglinum</i>
<b>Tiburón</b>	<i>Carcharhinus</i> sp., <i>Sphyrna tiburo</i>

Otros recursos que forman parte de la producción pesquera de Yucatán son jaiba, mojarra, pargo, peto, sardina, túnidos, bagre, besugo, lisa y macarela (SAGARPA 2007), de las cuales el mero, lisa y caracol se encuentra en un estado de sobrepesca. La langosta, pulpo y tiburón son considerablemente explotados y la rubia y el huachinango muestran clara tendencia a la baja (Cólas-Marrufo *et al.* 2002, CONAPESCA 2006, Mexicano-Cíntora *et al.* 2009).

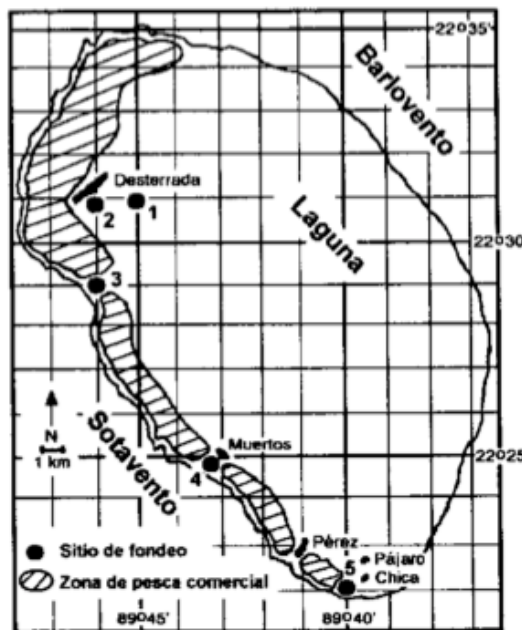
Debido a esto, se ha propiciado la explotación en todos aquellos lugares factibles de someterse a un esfuerzo pesquero y el Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA) no ha sido la excepción. Las cooperativas que poseen permisos para pescar en la zona del PNAA y zonas aledañas son cuatro: *Pescadores de Sisal*, *Pescadores del Golfo de México*, *Alacrán Reef* y *Pescadores de la Jurisdicción Marítima de las Costas del Estado de Yucatán*. De estas cooperativas dependen directamente 230 pescadores, todas ellas con sede en Puerto Progreso (CONANP 2006). Estas cooperativas poseen permisos para la captura de langosta (*Panulirus argus* y *P. guttatus*) y peces de escama de las familias, Serranidae, Lutjanidae, Gerridae, Sphyrnaeidae y Labridae (Aldana 1993, Cólas-Marrufo *et al.* 2002). Actualmente estas cooperativas desempeñan sus actividades en el arrecife únicamente durante la temporada autorizada para la pesca de langosta del primero de julio al último día de febrero y de peces de escama de los meses de octubre a junio de cada año (Aldana y Domínguez 1994, SEMARNAP 2000). Las cooperativas tienen asignadas áreas de explotación bien definidas, sin embargo, pescan indistintamente en todo el arrecife (Aldana 1993). Las embarcaciones de estas cooperativas son principalmente de madera con una dimensión de 40-42 pies de eslora y bodegas de 10 toneladas de capacidad. La composición de escamas consiste en su mayoría en meros (*Ephinephelus morio*, *E. striatus*), pargos, (*Lutjanus* sp.) y picuda (*Sphiraena barracuda*).

Con base en la opinión de la delegada de pesca de Yucatán, la actividad pesquera atraviesa por una crisis, ya que en los últimos años se ha detectado un descenso de 40% en la captura de especies que afectan a 15,000 pescadores (Aldana y Domínguez 1994). Sin embargo, no existen estadísticas oficiales sobre quienes



ejercen la pesca en el arrecife y cuál es la característica cualitativa y cuantitativa de su captura (Aldana y Domínguez 1994 y Cólás-Marrufo *et al.* 2002).

Los recursos pesqueros del PNAA han sido explotados desde el siglo XIX y durante el último tercio del siglo pasado la presión de la pesca se ha intensificado, no existen datos fiables de que zonas del PNAA son explotadas, sin embargo, se sabe que los Pescadores de Sisal pescan en la parte de sotavento del arrecife, entre 7 y 13 m de profundidad (Figura 1) (Cólás-Marrufo *et al.* 2002).



**Figura 1.** Sitio de fondeo y de pesca comercial del buque pesquero de los Pescadores de Sisal (Cólás-Marrufo *et al.* 2002, p. 434).

Existen registros de las especies explotadas principalmente por capturas comerciales de serranidos en el arrecife son: *Epinephelus guttatus*, *E. Itajara*, *E. morio*, *E. striatus*, *Mycteroperca bonaci*, *M. microlepis*, *M. interstitialis*, *M. phenax*, *M. tigris* y *M. venenosa* (Cólás-Marrufo *et al.* 2002). El PNAA se encuentra en una situación en la cual a pesar de existir permisos que delimitan las actividades pesqueras en la zona, esto no se cumple del todo. Por esta razón puede existir sobrepesca en el área, lo que puede repercutir en las poblaciones de aves

marinas que allí habitan, por lo que es importante indagar en el tema para tener una visión clara de la situación pesquera en el PNAA.

## **1.2 Justificación**

En el Parque Nacional Arrecife Alacranes se encuentra la colonia de *S. d. dactylatra* más grande del Atlántico, por lo que su protección puede ser crítica para la viabilidad de la especie, sin embargo existe muy poca información acerca de esta colonia, por lo que es importante y adecuado generar información acerca de esta.

Conocer la dieta, la estructura de la colonia y los hábitos de forrajeo de *S. d. dactylatra* nos ayudara a tener una idea de las condiciones de salud de la colonia, así mismo podemos detectar posibles interacciones con las pesquerías de la región, y de esta manera tener una visión más clara de la colonia en general.

Este trabajo puede usarse para la implementación de un esquema de monitoreo de la especie y puede ser de utilidad para los planes de manejo del Parque Nacional Arrecife Alacranes y su ecosistema marino, así como para saber si existe una afectación grave sobre la colonia debido a las pesquerías de Puerto Progreso.

### 1.3 Objetivos

---

#### Objetivo General

Determinar los hábitos de forrajeo de *Sula dactylatra dactylatra* en el Parque Nacional Arrecife Alacranes.

#### Objetivos Particulares

Determinar la composición taxonómica y cuantitativa de la dieta de *S. d. dactylatra* en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, durante Otoño de 2011 y Primavera de 2012.

Describir la estructura de la colonia de *S. d. dactylatra* de la Isla Pájaros a través de la frecuencia de estadios ontogénicos como modelo de la estructura en el Parque Nacional Arrecife Alacranes.

Determinar el índice de condición corporal de la colonia de *S. d. dactylatra* de Isla Pájaros.

Determinar diferencias en las frecuencias de viajes de pesca de adultos de *S. d. dactylatra* con pollo y sin pollo en Isla Pájaros, así como estimar las distancias de forrajeo de adultos de *S. d. dactylatra*.

Determinar posibles interacciones entre los hábitos de forrajeo de *S. d. dactylatra* del Parque Nacional Arrecife Alacranes con las pesquerías de Puerto Progreso.

## 2. Materiales y métodos

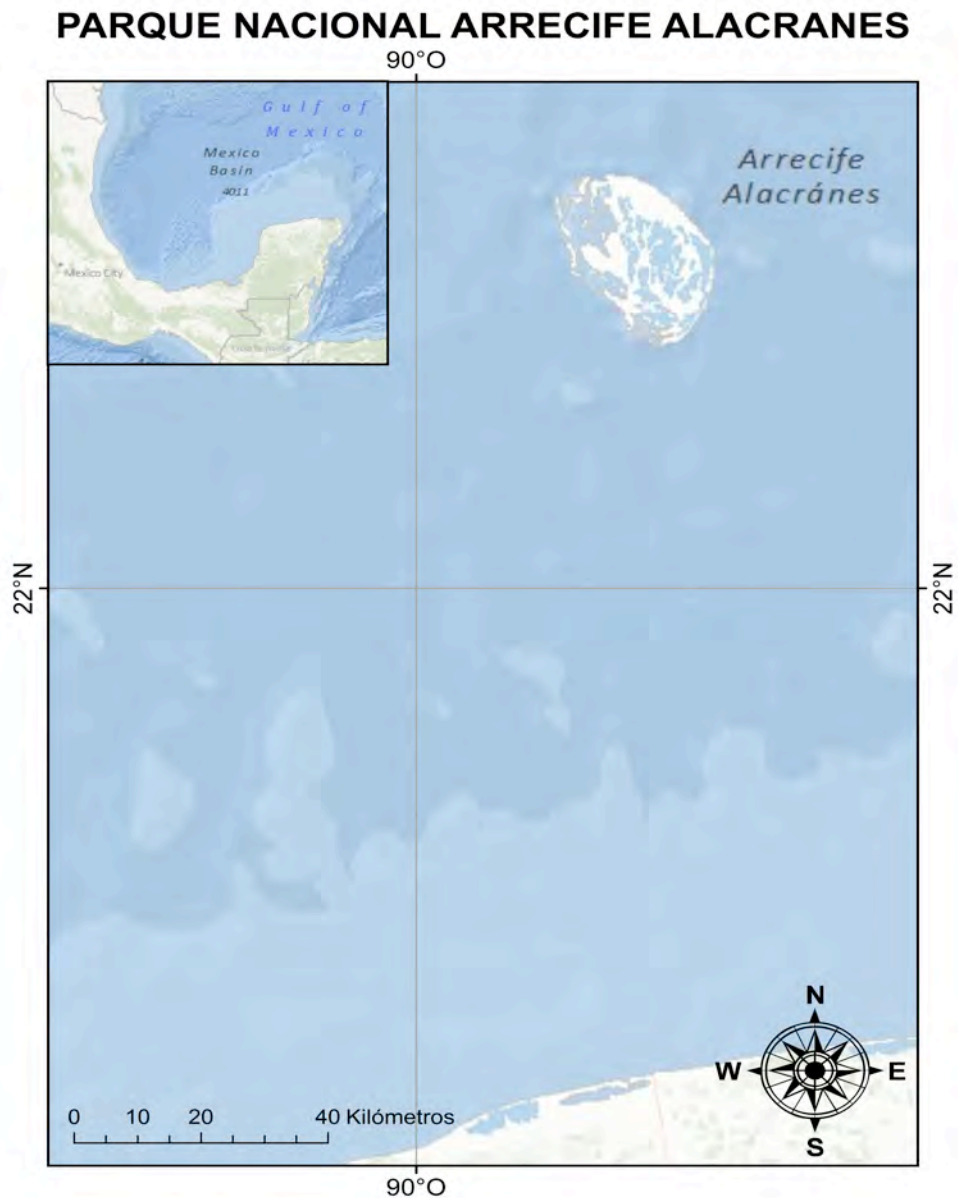
---

### 2.1 Área de estudio

El Arrecife Alacranes (Figura 2) se encuentra sobre el Banco de Campeche (Liceaga-Correa *et al.*, 1998) y es uno de los mayores sistemas de arrecifes de coral en el Golfo de México (Aldana 1993, Bello-Pineda *et al.*, 2005) se localiza a 135 km al N de la costa norte de la Península de Yucatán, México, frente a Puerto Progreso entre los 22° 21' 45'' y 22° 34' 55'' de latitud Norte y los 89° 36' 47'' y 89° 47' 53'' de longitud Oeste, en conjunto presenta una forma oval (Rivas 1990, CONANP 2006).

El área constituye un arrecife de plataforma de aproximadamente 300 km<sup>2</sup> que se levanta a 50 m del fondo marino y presenta una barrera coralina de más de 27 km de largo y 13 de ancho (Aldana 1993, Bello-Pineda *et al.*, 2005 CONANP 2006). Morfológicamente, el complejo arrecifal se puede dividir en cuatro unidades: arrecife de barlovento, arrecife de sotavento, cayos arenosos y laguna arrecifal central con una superficie de 430 km<sup>2</sup> (Rivas 1990, CONANP 2006). Arrecife Alacranes destaca por su alta diversidad de peces costeros-marinos, aves marinas, reptiles, mamíferos marinos, algas y pastos marinos, dentro de éstas hay especies en peligro de extinción tal como las tortugas marinas, el caracol rojo *Pleuroploca gigantea*, el caracol rosa *Strombus gigas* y el caracol negro *Busycon* sp, otras especies endémicas como *Nannosquilla canadensis* y otras útiles para el hombre como la langosta y el pulpo (CONANP 2006, CONABIO SF). Debido a esto fue declarado Área Natural Protegida con el carácter de Parque Nacional (PN) el 6 de junio de 1994 (CONANP 2006, Colás-Marrufo *et al.* 2002). El Arrecife Alacranes está circundado por aguas tropicales poco profundas, la barrera de barlovento constituye una pared arrecifal que ofrece resistencia, absorbe y disipa la energía del oleaje, mientras que en sotavento existe una amplia área con flujo y reflujos hacia la laguna. Hay un importante aporte de nutrientes debido a la

surgencia que se origina en el extremo oriental de la plataforma yucateca y su interacción con la corriente del Caribe que al pasar por el estrecho de Yucatán y ascender sobre la plataforma, deriva en un flujo con altos valores nutrimentales con dirección noroeste que pasa y reabastece de nutrientes a la laguna de Arrecife Alacranes (CONANP 2006), las surgencias se presentan con mayor fuerza durante primavera y verano (Caso *et al.* 2004).



**Figura 2. Ubicación geográfica del Parque Nacional Arrecife Alacranes (ARCVIEW-Fernanda Arenas Flores).**

Arrecife Alacranes presenta un clima típicamente insular, reflejando la temperatura de la corriente del golfo y las variaciones atmosféricas estacionales, con un promedio de temperatura anual de 26.7° C, la temperatura mínima ocurre en enero con un promedio de 23° C y la temperatura máxima en agosto con un promedio de 30° C. El período de mayor precipitación se presenta entre los meses de agosto y septiembre con un promedio anual de 445 mm, los vientos dominantes soplan en dirección E-NO, de abril a septiembre se presentan vientos del este y noroeste con una velocidad de 20 a 30 km/h, de octubre a marzo se incrementan de 30 a 35 km/h, frecuentemente asociados con nortes (CONANP 2006).

### **2.1.2 Características de las islas de Arrecifes Alacranes**

En el lado oeste del arrecife se encuentran cinco islas arenosas (Figura 3), las cuales ofrecen un hábitat ideal para la anidación de aves marinas (Tunnell y Chapman, 1988). La más importante por su tamaño es Isla Pérez, le siguen en tamaño Desterrada o Desertora, Muertos, Pájaros o Blanca y Chica (Rivas 1990, Aldana y Domínguez 1994, Liceaga y Hernández 2000, Bello *et al.* 2005), las cuales ocupan un total de 59.16 ha. (CONANP 2006). Las islas son importantes para el descanso de aves migratorias que cruzan la ruta del Golfo de México, provenientes del Atlántico, de África, del Caribe y Norteamérica, así como refugio para aves en tiempos de tormentas tropicales o nortes. En las islas se han registrado 116 especies de aves, entre residentes, migratorias y ocasionales, algunas aves migratorias como *Falco peregrinus*, *Zenaida aurita salvadorii*, *Dendroica coronata* y *Charadrius melodus*, se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Arrecife Alacranes también es considerado como Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), con categoría de importancia global (NA4-C Bird Life International), esta categoría se otorgó debido a que las islas de Arrecife Alacranes son el sitio de anidación más importante del Golfo de México para las colonias de *S. d. dactylatra*, *S. leucogaster*, *Sterna*

*fuscata* y *Anous stolidus* (CONANP 2006, Aldana 1993). En isla Muertos se encuentra la colonia más grande del Atlántico de *Sula dactylatra*, así como una gran colonia de anidación de *Fregata magnificens* (CONANP 2006).



**Figura 3. Distribución de las cinco Islas del Parque Nacional Arrecife Alacranes (Recuperado: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx))**

De acuerdo a la clasificación de la FAO, las islas de Arrecife Alacranes presentan un suelo de tipo regosol, formado por arena coralina de grano grueso, caliza casi pura, sin mezcla de elementos terrígenos (Bonet y Rzedowski 1962), los suelos poseen gran cantidad de calcio y poca materia orgánica por lo que su suelo es alcalinos con un pH que oscila entre 8.01 y 8.93 (Flores 1992).

La vegetación que se encuentra en las islas es fijadora y formadora de suelo y su crecimiento depende también del excremento que depositan las aves que funcionan como portador de fósforo y nitrógeno (Flores 1984). Se encuentran en las islas dos especies nitrófilas endémicas *Cenchrus insularis* y *Cakile edentula* var. *alacranensis*. El papel ecológico que cumple la vegetación presente en las islas de Alacranes es importante para su estabilidad (CONANP 2006).

La posición geográfica del arrecife sitúa a las islas en el curso de los fenómenos atmosféricos característicos de la región como tormentas tropicales, huracanes y nortes, siendo éstas más vulnerables de octubre a marzo, temporada asociada con nortes (CONANP 2006). Los vientos, particularmente los huracanados, ejercen una influencia importante sobre la geomorfología de las islas ya que pueden modificar su estructura acumulando gran cantidad de sedimento en un lapso corto (CONANP 2006). Debido a la intensa dinámica de las islas, su forma y dimensiones pueden variar del orden de metros o decenas de metros en períodos cortos de tiempo.

Isla Pájaros en 1988 presentaba una longitud de 50 m con una anchura máxima de 120 m y una altura de máxima de 1.5 m, en la isla así como en todo el arrecife las mareas son diurnas con un rango aproximado de 1.5 m (CONANP 2006). Isla pájaros es la única isla en el Arrecife Alacranes en la cual únicamente anida *S. d. dactylatra*, razón por la cual el trabajo de campo se realizó en esta Isla, ya que se podía tener un mejor control del muestreo a diferencia de Isla Muertos que es la segunda Isla más grande del Arrecife y anidan allí 4 especies de aves marinas.

## **2.2 Métodos**

Se realizaron dos viajes de campo al Parque Nacional Arrecife Alacranes durante el 2 al 6 de noviembre de 2011 y del 1 al 10 de mayo de 2012. En ambas salidas se visitó Isla Pájaros.

## **2.3 Determinación de la dieta**

Durante las salidas de campo se capturaron individuos adultos de *Sula d. dactylatra*, con la ayuda de una red; la captura se hizo al atardecer, cuando las aves regresaban a la isla de sus viajes de pesca. Una vez capturados, los individuos se introdujeron en una bolsa de manta en la que fueron manipulados. Los individuos se pusieron pico abajo y fueron agitados ligeramente para obtener



regurgitaciones. Se obtuvieron 20 regurgitados de *S. d. dactylatra* en 2011 y 35 en 2012 para un total de 55 muestras. Cada muestra se pesó en el campo con una balanza digital de baterías (ACCULAB modelo GSI-2001,USA), a cada elemento de la muestra se le midió la longitud total con una regla común de 30 cm y se conservaron en alcohol al 70% para su identificación posterior. La identificación de los peces en los regurgitados se realizó utilizando guías de peces de la zona (Catalogo de Peces Marinos Mexicanos, 1976, Dickson y Moore, 1977, Fisher *et al.* 1995).

## **2.4 Descripción de la estructura de la colonia**

En ambas salidas de campo, se realizó un censo de la colonia de *Sula d. dactylatra* en Isla Pájaros. Ambos censos se realizaron después del atardecer para asegurarse que todos los individuos habían regresado de sus viajes de pesca. Los censos se realizaron cuantificando los estadios ontogénicos: huevos, pollos, volantones y adultos. Para la diferenciación entre pollos y volantones nos basamos en el “Catalogo de edades de *Sula nebouxi*” (Castillo y Mellink 2005). Un pollo tiene una edad de 1 a 50 días de vida, nace desnudo, el plumón es perceptible en pequeños mechones, con el paso de los días se cubren completamente de plumón y presentan un crecimiento acelerado (Figura 4). Se considero a un volantón cuando el plumón empezó a ser sustituido por plumas en todo el cuerpo, las plumas primarias, secundarias y terciarias terminan de crecer presentando plumas de color café en la mayor parte del cuerpo, características que se presentan a partir del día 50 aproximadamente hasta el día 85 de vida (Figura 5) (Castillo y Mellink 2005).

Los nidos se cuantificaron y se georreferenciaron con un GPS GARMIN III Plus (Schaffhausen, Suiza). Los datos de los nidos fueron graficados con el programa ARCGIS 10 (Esri, Dublin, Irlanda) para la realización de mapas. Una vez que se graficaron los puntos en mapas, se midieron las distancias de cada uno de los nidos al nido más cercano y a esta medida se la llamó (d): las mediciones también

se realizaron con el programa ARCGIS 10. Una vez que se tuvieron todas las mediciones, se introdujeron al paquete estadístico QUANTAN para obtener el coeficiente de agregación “ $A_z$ ” para determinar la distribución de los nidos de *S. d. dactylatra* mediante patrones espaciales comparados con distribuciones aleatorias Poisson. Para esta prueba se utilizó el índice de Johnson y Zimmer (Brower *et al.* 1977).



**Figura 4. Pollo de aproximadamente 29 días de edad, *Sula d. dactylatra* Isla Pájaros, Arrecife Alacranes (foto: Fernanda Arenas, PNAA).**



**Figura 5. Volantón de aproximadamente 70 días de edad, *Sula d. dactylatra* Isla Pájaros, Arrecife Alacranes (foto: Fernanda Arenas, PNAA).**

## 2.5 Índice de condición corporal

Se tomaron medidas morfométricas de 23 individuos adultos de *Sula d. dactylatra* en 2011 y 30 individuos en 2012. Las medidas morfométricas tomadas fueron: envergadura del ala, largo del cuerpo, largo y ancho del tarso, largo y ancho del pico. Posteriormente se buscó una relación entre la masa del individuo y las medidas morfométricas de cada estructura a través de regresiones lineales. Este análisis se realizó en el programa Statistica; las regresiones se realizaron con la masa (g) como variable dependiente y como variables independiente cada una de las medidas morfométricas. A partir de este conjunto de regresiones de medidas morfométricas se determinó cual era la mejor estructura para determinar el índice de condición corporal.

Se calculo el índice de condición corporal por individuo (BCI) mediante la formula de Le Corre *et al.* (2003).

$$\text{BCI}=1-(\text{residual OM/TM}) \quad (1)$$

Siendo OM la masa observada (g), TM la masa teórica obtenida mediante la regresión lineal entre la masa y la estructura morfométrica con mayor peso estadístico. El residual es la diferencia entre TM y OM.

El resultado obtenido nos indica tres condiciones BCI = 1 significa que el adulto tiene masa normal con respecto a la medida morfométrica utilizada, BCI < 1 significa que el ave es más ligera de lo esperado (baja condición corporal) y BCI > 1 significa que el ave es más pesada de lo esperado (una condición corporal elevada) (Le Corre *et al.* 2003).

## **2.6 Frecuencias de viajes de pesca de adultos con pollo y sin pollo, y distancias de forrajeo.**

Durante la salida de campo de 2012, se marcaron y numeraron 21 nidos con banderas de color azul y 20 cm de altura. Se registró el contenido de los nidos los cuales podían estar conformados por una pareja sin pollo (14 nidos) o una pareja con pollo (7 nidos). Un ave de cada par fue marcado con tinte libre de amonio para su posterior identificación a distancia. Para no manipular al ave, con la ayuda de un palo se le colocó una mancha negra en la parte blanca de las plumas.

Para medir el cuidado parental se revisaron los nidos durante 18 horas al día, durante dos días, obteniendo 36 horas de observación. Se revisaron los nidos cada hora (5:00 -23:00) para saber que ave se encontraba en el nido y por cuanto tiempo se encontraba fuera el ave ausente. Con estas observaciones se determinó el tiempo de permanencia de las aves; con estos datos se buscaron diferencias de los viajes de pesca de adultos sin pollo o con pollo.

Durante la salida de campo de 2011, en la trayectoria en lancha de Puerto Progreso a Arrecife Alacranes se registraron los avistamientos de *S. d. dactylatra* a lo largo de la trayectoria con un GPS GARMIN III Plus (Schaffhausen, Suiza). Estos datos se graficaron en el programa ARCGIS 10 (Esri, Dubli, Irlanda). Se elaboró un mapa donde se registraron las distancias de las aves en sus viajes de forrajeo.

## **2.7 Interacción entre los hábitos de forrajeo de *S. d. dactylatra* con las pesquerías de Puerto Progreso.**

Se hizo una revisión de los datos de las especies reportadas en los Avisos de Arribo de las pesquerías de Puerto Progreso, para compararlas con la dieta obtenida de *S. d. dactylatra* reportada en este trabajo. Además se realizaron encuestas semiestructuradas a pescadores palangreros de la región (Anexo A), para conocer si

había alguna interacción entre las pesquerías de Puerto Progreso y los hábitos de forrajeo de *Sula d. dactylatra*.

## **2.8 Análisis de datos**

A los datos obtenidos se les aplicó pruebas de normalidad y de homocedasticidad. Cuando se cumplieron ambas condiciones se utilizaron análisis estadísticos paramétricos. Si las condiciones no se cumplían se utilizaron análisis no paramétricos equivalentes a las pruebas paramétricas. Todas las pruebas se realizaron con un  $\alpha = 0.05$ .

Para comparar la composición de la dieta entre temporadas (2011-2012) se usó una tabla de contingencia para describir las especies de peces encontradas en ambas temporadas. La diferencia de ambas temporadas con respecto a la masa y la longitud de las presas consumidas se analizó por medio de una prueba no paramétrica U de Mann-Whitney (Zar 1999).

Para comparar el índice de condición entre ambas temporadas se hizo una *t* de Student para buscar diferencias significativas entre los índices de condición de ambos años.

La comparación de los viajes de pesca de adultos con pollo y sin pollo se hizo mediante una prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. Para la comparación se eliminaron los viajes de duración de una hora o menos, ya que esta ausencia podría deberse a la ausencia del ave del nido, pero no de la isla, o podría deberse a algún disturbio como alguna ave rapaz que haya sobrevolado la colonia o a nuestra presencia.

### 3. Resultados

---

#### 3.1 Dieta de *Sula d. dactylatra* en Isla Pájaros

Durante otoño 2011 la dieta incluyó cuatro especies de cuatro familias de peces pelágicos. Las familias Clupeidae y Exocoetidae tuvieron las frecuencias más altas en las muestras de contenidos estomacales, siendo *Sardinella anchovia* (Clupeidae) la especie más frecuente y más abundante (63%), seguida de *Cypselurus heterurus* (Exocoetidae) (36%). Estas fueron seguidas en número por *Scomber japonicus* (Scombridae) y siendo representado con un solo registro *Euleptorhamphus velox* (Hemirhamphidae) (Tabla 3). *S. d. dactylatra* consumió peces de diferentes tamaños, más del 48% de los peces ingeridos midieron entre 11 y 15 cm de largo (Tabla 4), seguido de los peces con un tamaño entre 16 y 20 cm de largo, los cuales corresponden a tallas intermedias. Los peces más pequeños y más grandes comprendieron un porcentaje bajo del total de registros. La longitud mínima registrada fue un ejemplar de *Sardinella anchovia* con una longitud de 7 cm y la longitud máxima perteneciente a un ejemplar de *Cypselurus heterurus* con una longitud de 25 cm. En cuanto a la masa la menor fue de 6 g pertenecientes a un ejemplar de *Sardinella anchovia* y la mayor a *Cypselurus heterurus* con una masa de 159 g (Tabla 5).

En primavera 2012 se encontraron siete especies, de peces pelágicos pertenecientes a seis familias siendo *Cypselurus heterurus* la especie más frecuente y abundante (49%), seguida de *Sardinella anchovia* tanto en frecuencia como en abundancia (33%) (Tabla 3). El 36% de los peces ingeridos midió entre 16 y 20 cm de largo (Tabla 4), seguido de los peces con un tamaño de 11 a 15 cm de largo con un 27%, los cuales corresponden a tallas intermedias. Los peces más pequeños y más grandes comprendieron un porcentaje bajo del total de registros. La longitud mínima fue representada por *Cypselurus heterurus* con 5.5 cm y la longitud máxima la encontramos en *Euleptorhamphus velox* con 36 cm. En cuanto a

la masa la menor fue de 4 g pertenecientes a un ejemplar de *Cypselurus heterurus* y la masa mayor correspondió a *Scomber japonicus* con una masa de 201 g (Tabla 5).

**Tabla 3. Composición de la dieta de *S. d. dactylatra* en otoño 2011 y primavera 2012 en isla Pájaros, Arrecife Alacranes. Se muestra la frecuencia, abundancia relativa, peso promedio (g) y longitud promedio (cm), las últimas dos medidas con sus desviaciones estándar.**

Familia/especies	Frec.		Abun. Rel. (%)		M. prom. (g)		L. prom. (cm)	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Especies pelágicas								
<b>Clupeidae</b> <i>Sardinella anchovia</i>	12	12	63.9	34	31.0±13.8	44.7±19.4	13.7±3.2	15.8±3.1
<b>Exocoetidae</b> <i>Cypselurus heterurus</i>	11	20	31.3	49	57.5±34.3	48.8±33.5	17.1±4.0	17.4±5.2
<b>Scombridae</b> <i>Scomber japonicus</i>	2	3	2.3	2.8	105±5.6	160±46.3	19.2±1.0	24.6±2.7
<b>Hemirhamphidae</b> <i>Euleptorhamphus velox</i>	1	5	2.3	5.6	17±9.8	24.6±10.8	17.7±5.3	23.5±8.0
<b>Carangidae</b> <i>Caranx crysos</i>	-	1	-	1.8	-	88±32.5	-	19.7±0.3
<i>Hemicarax amblyrhynchus</i>	-	1	-	2.8	-	7.3±2.0	-	8.6±1.2
<b>Coryphaenidae</b> <i>Coryphaena equiselis</i>	-	4	-	3.77	-	41±24.7	-	16.5±4.3

**Tabla 4. Intervalo de las longitudes (cm) de las presas consumidas por *Sula d. dactylatra* en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes durante otoño 2011 y primavera 2012.**

		Intervalo (cm)							
Año		0 - 5	6 - 10	11 - 15	16 -20	21 -25	26-30	31-36	Total
2011	No.	0	13	42	25	6	0	0	<b>86</b>
	%	0	15.1	48.8	29.1	6.9	0	0	100%
2012	No.	1	10	29	39	22	4	1	<b>106</b>
	%	0.9	9.4	27.3	36.7	20.7	3.7	0.9	100%

**Tabla 5. Intervalo de las masas (g) de las presas consumidas por *Sula d. dactylatra* en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes durante otoño 2011 y primavera 2012.**

Año		Intervalo (g)						Total
		0 - 30	31 - 60	61 - 90	91-120	120 - 150	>151	
2011	No.	36	35	9	5	0	1	<b>86</b>
	%	41.8	40.6	10.4	5.8	0	1.1	100%
2012	No.	38	33	25	8	1	1	<b>106</b>
	%	35.8	31.1	23.5	7.5	0.9	0.9	100%

Se encontraron diferencias significativas entre el número de *ítems* consumidos por *Sula d. dactylatra* en 2011 y 2012 ( $p = 0.0389$ ). Sin embargo no hay diferencias entre las masas de las presas consumidas entre un año y otro ( $p = 0.1432$ , Figura 6). Se encontraron diferencias entre las longitudes de las presas consumidas entre 2011 y 2012 ( $p = 0.001$ , Figura 7).



**Figura 6. Distribución de las masas de las presas (g) consumidas por presas *Sula d. dactylatra*, en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes en otoño de 2011 y primavera de 2012.**



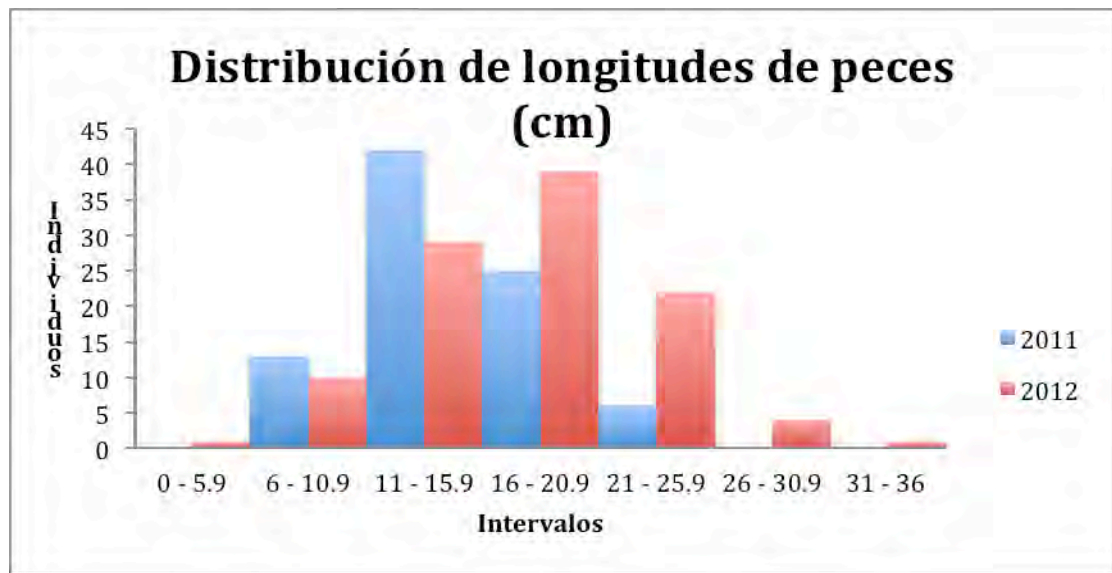


Figura 7. Distribución de longitudes de las presas consumidas por *Sula d. dactylatra*, en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes en otoño de 2011 y primavera de 2012.

### 3.2 Estructura de la colonia de *Sula d. dactylatra* en Isla Pájaros

Como se muestra en la tabla 6, la colonia de *S. d. dactylatra* de Isla Pájaros estuvo conformada por diferentes estadios ontogénicos durante los muestreos. En 2011 se contaron 235 individuos y en 2012 se contaron 258. En el muestreo de 2012 hubo más individuos adultos, más nidos, huevos y pollos y menos volantones.

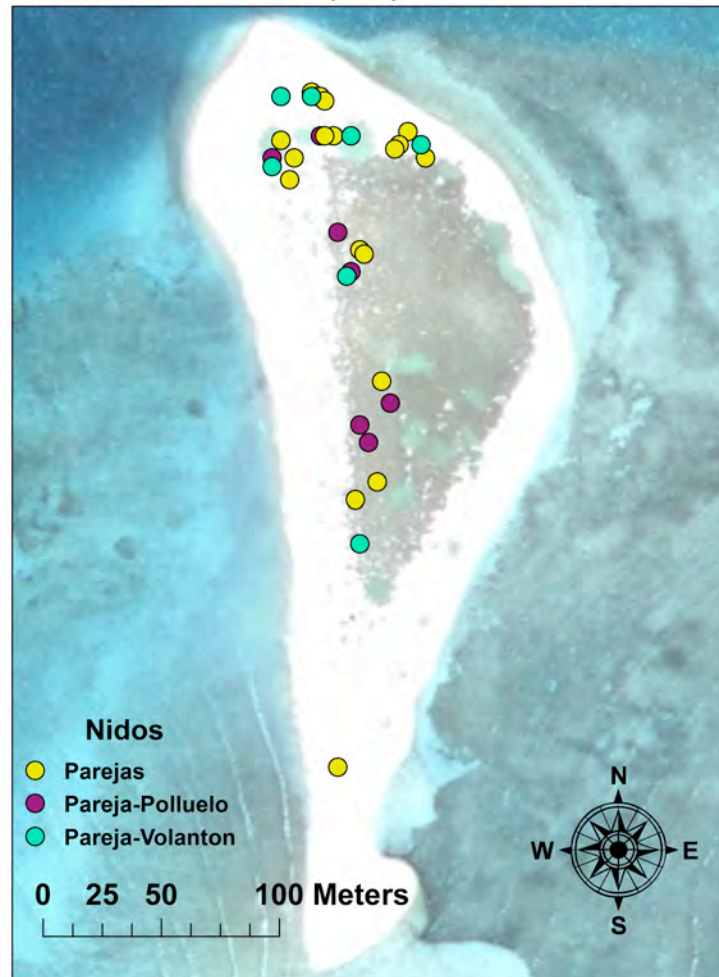
Tabla 6. Número de organismos por estadio ontogénico de *S. d. dactylatra* presentes en isla Pájaros, Arrecife Alacranes durante Noviembre de 2011 y Mayo de 2012.

Estadios ontogénicos	2011	2012
Adultos	218	226
Volantones	7	4
Pollos	10	28
Huevos	19	73
Nidos	51	97
<b>Total de individuos</b>	<b>235</b>	<b>258</b>



polluelo y seis nidos con huevos, los cuales probablemente habían sido abandonados por los padres (Figura 10).

**Nidos en Isla Pájaros de *Sula dactylatra dactylatra* (2011)**



**Figura 9. Localización de los nidos de *S. d. dactylatra* en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes en otoño 2011, los nidos están conformados por • parejas, • parejas con un polluelo y • parejas con un volantón.**

Nidos en Isla Pájaros de *Sula dactylatra dactylatra*  
(2011)

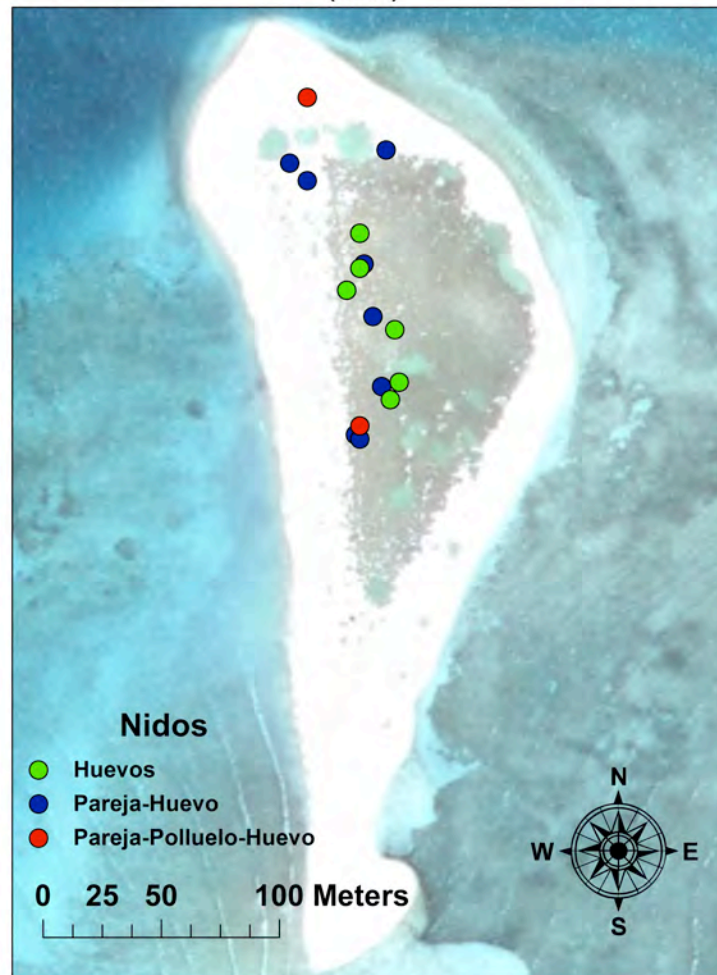


Figura 10. Localización de los nidos de *S. d. dactylatra* en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes en otoño 2011, los nidos están conformados por • parejas con huevo, • parejas con polluelo y huevo y • huevos que probablemente fueron abandonados por sus padres.

Los nidos de *S. d. dactylatra* observados en 2012 estuvieron conformados por 28 parejas que habían establecido su lugar para anidar, 20 parejas con polluelo, cuatro parejas con un volantón (Figura 11), 40 parejas con uno o dos huevos, cuatro parejas con huevo y polluelo y un nido con huevos, los cuales probablemente habían sido abandonados por los padres (Figura 12).

Nidos en Isla Pájaros de *Sula dactylatra dactylatra*  
(2012)

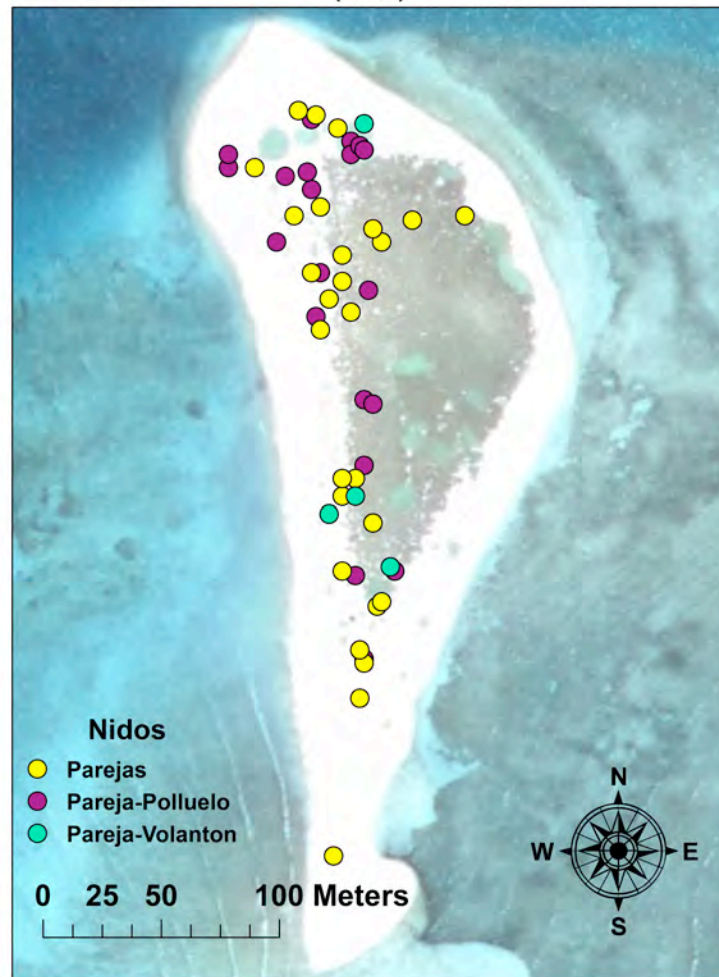


Figura 11. Localización de los nidos de *S. d. dactylatra* en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes en primavera 2012, los nidos están conformados por • parejas, • parejas con un polluelo y • parejas con un volanton.

Nidos en Isla Pájaros de *Sula dactylatra dactylatra*  
(2012)

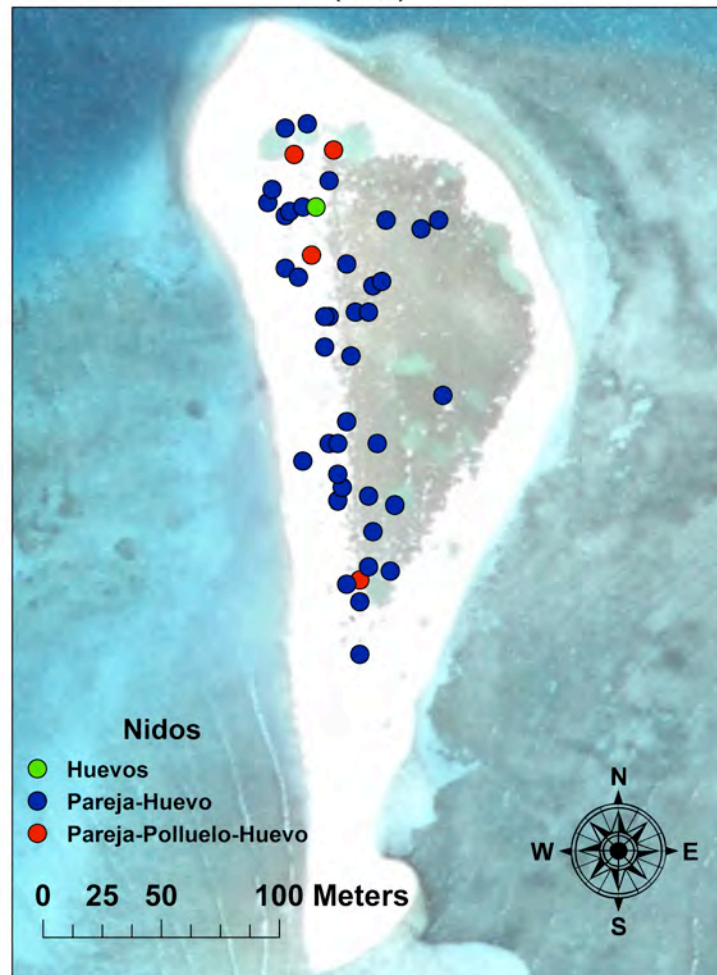


Figura 12. Localización de los nidos de *S. d. dactylatra* en Isla Pájaros, Arrecife Alacranes en primavera 2012, los nidos están conformados por • parejas con huevo, • parejas con polluelo y huevo • huevos que probablemente fueron abandonados por sus padres.

La distribución espacial de los nidos en 2011 y 2012, se analizaron con el índice de Johnson y Zimmer con el cual se obtuvo para el primer año un coeficiente de agregación  $A_z = 34.64$  con una  $t_1 = 131.04$  y para el segundo el coeficiente de agregación fue  $A_z = 26.32$  con una  $t_1 = 133.67$ . El coeficiente de agregación  $A_z$  estimado se comparó con un coeficiente de agregación anteriormente establecido (Tabla 7). En este caso los nidos del 2011 y 2012 presentan un coeficiente de agregación mayor a cero ( $A_{2011}, A_{2012} > 0$ ). El valor  $t$  arrojado por el paquete

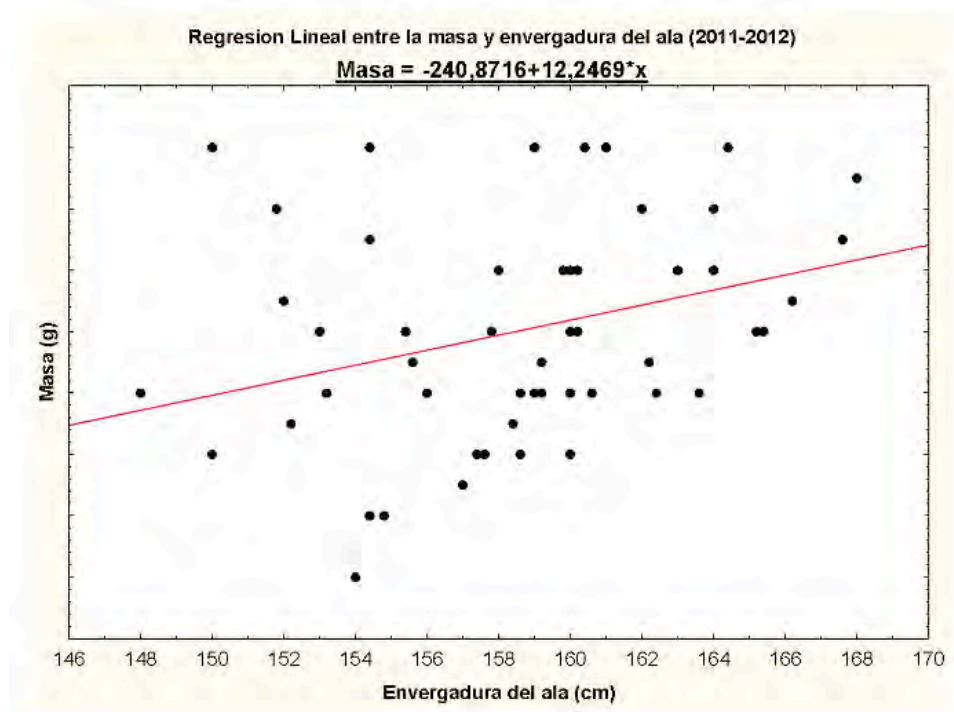
estadístico nos dice que tan lejano está el valor del valor obtenido de una distribución aleatoria. Por lo que en este caso los nidos de *S. d. dactylatra* tanto los observados en 2011 como en 2012 (Figura 8) muestran una distribución espacial contagiosa

**Tabla 7. Tipos de distribuciones espaciales (Modificado de Brower *et al.* 1977, p. 136)**

Distribución espacial
A=0 Aleatoria
A<0 Uniforme
A>0 Contagiosa

### **3.3 Índice de condición corporal de la colonia de *S. d. dactylatra*.**

Para ambos años la envergadura fue la estructura morfométrica con mayor peso estadístico y la más relacionada con la masa (  $r^2_{2011} = 0.4128$ ;  $r^2_{2012} = 0.4068$  ), por lo que esta estructura morfométrica fue la que se utilizó para calcular el índice de condición corporal, las medias de la envergadura del ala del 2011 y 2012 no muestran diferencias significativas (*t* Student,  $p = 0.138$ ), por lo que se juntaron las mediciones de ambos años para obtener la masa teórica (TM), la cual se calculó mediante la regresión lineal entre la masa y la envergadura de ambos años ( $r = 0.327$ ,  $r^2 = 0.10$ ,  $p = .0177$ ), siendo la fórmula para obtener la masa teórica la siguiente:  $\text{masa} = -240,8716 + 12,2468 * X$  (Figura 13).



**Figura 13. Relación entre las variables de la masa (g), versus la envergadura del ala (cm) para individuos adultos de *Sula d. dactylatra* en 2011 y 2012. Formula obtenida por la regresión lineal para obtener la masa teórica para el Índice de Condición Corporal (BCI).**

Para los individuos de 2011 se obtuvo un índice de condición corporal promedio de 1.06 (BCI > 1) lo que nos indica que en promedio los individuos de *Sula d. dactylatra* evaluados ese año, presentaron una condición del cuerpo elevada es decir que tienen una masa elevada con respecto a su envergadura y puede inferirse que los individuos tienen una masa mayor a la normal. Para los individuos de 2012 se obtuvo un índice de condición corporal promedio de 0.96 (BCI < 1) lo que significa que en promedio los individuos de *Sula d. dactylatra* evaluados en 2012, presentaron una baja condición corporal con respecto a su envergadura (Figura 14). Lo que nos indica que en promedio los individuos de *Sula d. dactylatra* evaluados en 2011, en Isla Pájaros, presentaron una mayor masa con respecto a su envergadura que los individuos evaluados en 2012.



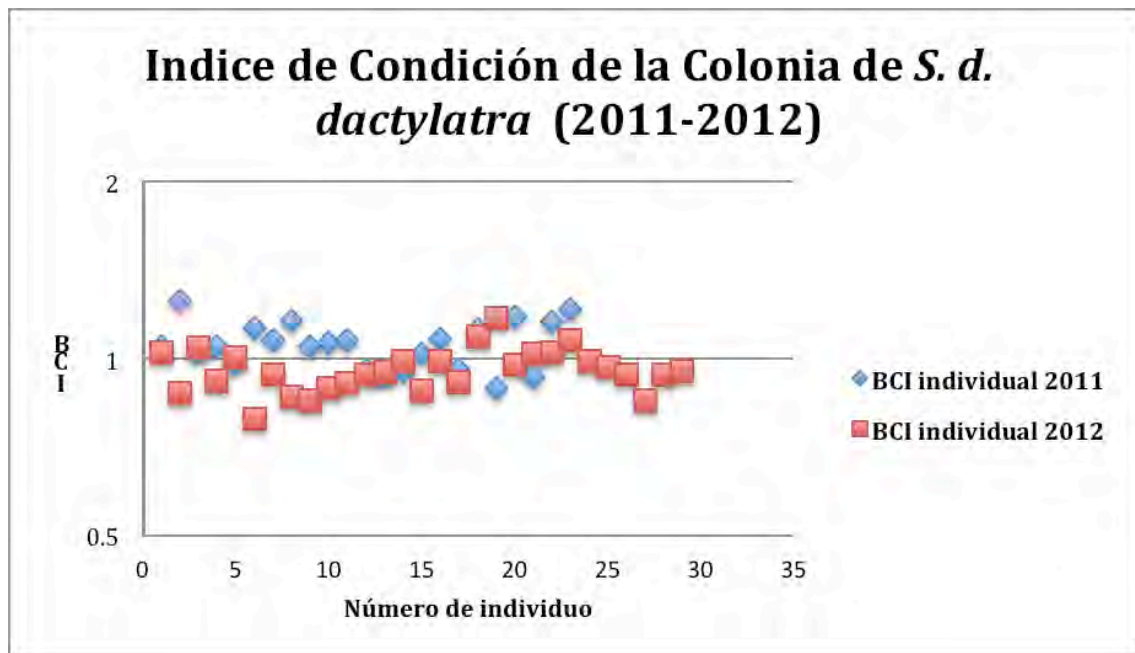
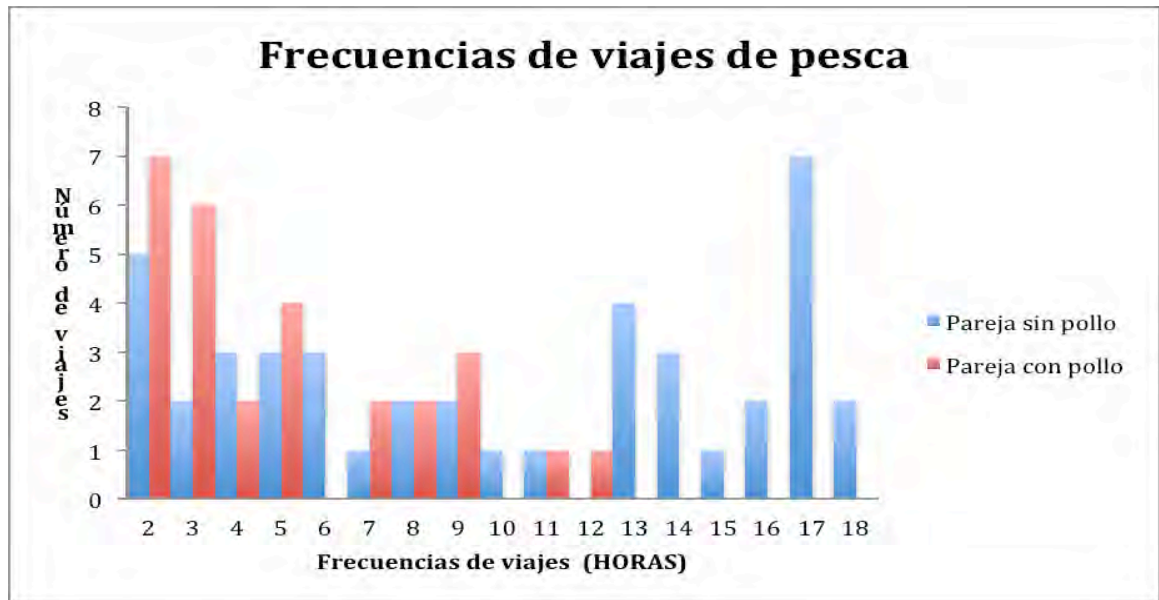


Figura 14. Gráfico de dispersión del Índice de condición corporal (BCI) de individuos de la colonia de *Sula d. dactylatra* en 2011 y 2012, BCI = 1 el adulto tiene una masa normal con respecto a su envergadura, BCI < 1 el ave presenta una baja condición corporal con respecto a su envergadura y BCI > 1 el ave presenta una condición del cuerpo elevada con respecto a su envergadura, ◆ Índice de condición corporal de aves en noviembre de 2011, ■ Índice de condición corporal de aves en mayo de 2012.

### 3.4 Frecuencias de viajes de pesca de adultos con pollo y sin pollo; distancias de forrajeo.

Los adultos de *Sula d. dactylatra* de isla Pájaros realizaron viajes de pesca que iban de viajes cortos de 2 a 6 horas, viajes medios de 6 a 12 horas y viajes largos de 13 a 18 horas. La duración de los viajes de pesca de adultos con pollo y sin pollo mostraron diferencias significativas ( $U=291,0$ ,  $p=0.000370$ ), siendo los individuos de *S. d. dactylatra* que no tenían pollo, aquellos que realizaron viajes de pesca de 2 a 18 horas, siendo más frecuentes los viajes de pesca con una duración de 17 horas. Por otro lado los individuos de *S. d. dactylatra* que tenían pollo, presentaron viajes de pesca que iban de 2 a 12 horas, siendo los viajes más frecuentes aquellos con una duración de 2 horas (Figura 15).



**Figura 15.** Frecuencias de los viajes de pesca (horas) de individuos de *S. d. dactylatra* ■ sin pollo y ■ con pollo en isla Pájaros, Arrecife Alacranes.

Los adultos con pollo no realizan viajes de más de 12 horas, a diferencia de los adultos sin pollo.

Los adultos de *S. d. dactylatra* realizaron viajes de forrajeo que alcanzaron los 75.84 km (Figura 16).

### Viajes de Forrajeo de *Sula dactylatra dactylatra*

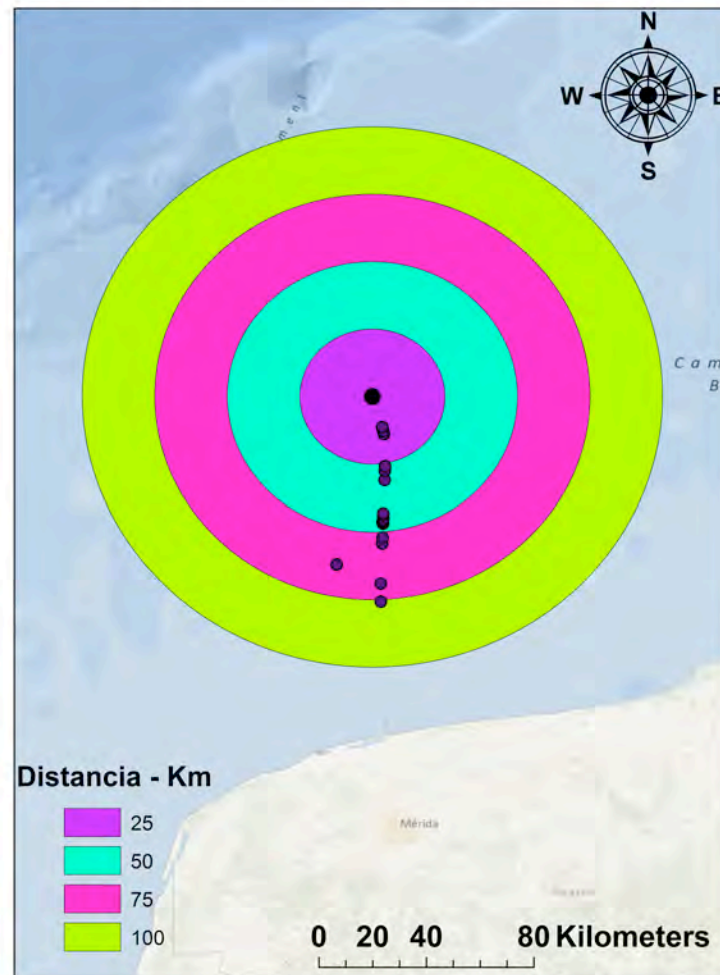


Figura 16. Viajes de forrajeo de *Sula d. dactylatra*, el viaje de forrajeo más largo es de 75.84 km, • individuos de *Sula d. dactylatra*.

### 3.5 Interacción entre los hábitos de forrajeo de *S. d. dactylatra* con las pesquerías de Puerto Progreso.

Al analizar la dieta de *Sula d. dactylatra* del Parque Marino Nacional Arrecife Alacranes, se encontraron dos familias de peces las cuales se encuentran dentro de los recursos pesqueros, pero no dentro de los recursos más explotados en la región, Clupeidae y Scombridae representadas por *Sardinella anchovia* y *Scomber*

*japonicus*. La primera siendo un recurso altamente consumido por *S. d. dactylatra*, ya que fué su principal fuente de alimento en el 2011 y el segundo alimento consumido en el 2012 (Tabla 4); está especie forma parte de los alimentos preferidos por el ave. *Scomber japonicus* es un recurso menos importante para la dieta de *Sula d. dactylatra*, siendo un alimento ocasional en su dieta. Estas dos especies pertenecientes a familias explotadas en la región, podrían ser especies no explotadas directamente ya que no hay registro de pesca de éstas, pero sí de peces de la misma familia (Tabla 2). Las otras presas de *S. d. dactylatra* son peces de los cuales no hay registros de pesca o consumo.

A partir de las encuestas realizadas a los pescadores de Puerto Progreso, confirmamos que los recursos más explotados en la región son los peces de escama: canane, cazón, huachinango, negrillo, mero, picuda y rubia. Los principales arte de pesca usados en la región por orden de importancia son: palangre, línea, cordel y alijos. Los pescadores realizan viajes de pesca que van de los 15 a 20 días pescando en una zona que va desde Veracruz hasta Quintana Roo. Algunos pescan en Holbox y otros en zonas más cercanas a Puerto Progreso, como Telchac, Silam, El Cuyo y Arrecife Alacranes, esto depende de donde se concentre el recurso.

La flota palangrera de Puerto Progreso está conformada por aproximadamente 500 embarcaciones, que van de los 40 a 60 pies de largo. En estas embarcaciones se usa como carnada la sardina *Sardinella anchovia*, el bonito *Euthynnus alletteratus* y *Sarda sarda*. La sardina es la carnada más usada por los pescadores ya que se compra más barata (sardina 7.50 pesos/kilo, bonito 13 pesos/kilo al 12 de mayo de 2012). Los pescadores usan más de una tonelada de carnada en sus viajes de pesca, los pescadores mencionan que frecuentemente este recurso escasea, por eso la flota palangrera en ocasiones es abastecida de sardina traída del Pacífico. No se obtuvo el dato de cuantos proveedores de sardina hay en Puerto Progreso. Sin embargo existe una fuerte demanda de *Sardinella anchovia*, una de las especies preferidas en la dieta de *Sula d. dactylatra*. Las otras presas presentes en la dieta de

*S. d. dactylatra* como peces voladores y pajaritos se pescan como presas no objetivo en la captura de sardina y también se usan como carnada.

Los pescadores palangreros de Puerto Progreso mencionaron la presencia de aves marinas (gaviotas, bobos, pelicanos y fragatas) cerca de las pangas, cuando realizan sus viajes de pesca. En cuanto a la pesca incidental de las aves marinas mencionan no haber tenido ningún tipo de accidente con *Sula d. dactylatra*. Sin embargo algunos pescadores señalaron que alguna vez se quedaron atrapados algunos pelícanos en sus artes de pesca, pero que está es una actividad muy inusual. Asimismo mencionan que las aves marinas, principalmente las gaviotas, se comen las tripas del pescado que los pescadores avientan al mar después de limpiar el producto que pescan y que no hay robo de carnada por parte de las aves marinas.

## 4. Discusión

---

Las aguas oceánicas del Golfo de México son áreas oligotróficas y biológicamente pobres, sin embargo las regiones como los ríos Mississippi, Grijalva y Usumacinta, la plataforma de Lousiana y la plataforma de Yucatán, así como las fronteras de la corriente de Lazo, presentan concentraciones de nutrientes elevadas y la biomasa fitoplanctónica es muy alta, esto debido a que en estas zonas se producen fenómenos de surgencia durante primavera y verano (Caso *et al.*, 2004). Tal es el caso del Parque Nacional Arrecife Alacranes que al ser reabastecido de nutrientes, sostiene a la fauna asociada al ecosistema marino. Las Islas del PNAA alberga muchas aves marinas (CONANP 2006), dentro de ellas tres especies de bobos, *Sula leucogaster* (bobo café), *Sula sula* (bobo-patas rojos), y *Sula d. dactylatra* (bobo enmascarado), siendo esta última la especie más abundante.

### Dieta

La dieta de los Súlidos está limitada a las presas que estén disponibles en el medio marino en el que habitan (Harrison *et al.* 1984). Así mismo sólo pueden explotar los recursos de los primeros metros de la columna de agua debido a su estrategia de alimentación (Ashmole 1971). Para el caso de *S. d. dactylatra* se sabe que consume presas que están presentes en los primeros cinco metros de la columna de agua (Weimerskich *et al.* 2008). La dieta *Sula d. dactylatra* del Parque Nacional Arrecife Alacranes en Otoño de 2011 constó de cuatro especies de peces pelágicas, la presa dominante fue *Sardinella anchovia*, seguida de el pez volador *Cypselurus heterurus*, mientras que en Primavera de 2012 la dieta consto de siete especies de peces pelágicos siendo la presa dominante *Cypselurus heterurus*, seguida de *Sardinella anchovia*. Las demás especies en ambas temporadas parecen ser especies ocasionales en la dieta ya que su frecuencia es muy baja. Con esto podemos sugerir que las presas preferidas de *Sula d.*

*dactylatra* del Parque Marino Nacional Arrecife Alacranes son *Sardinella anchovia* y *Cypselurus heterurus*, y que el cambio de la presa preferida por estación puede deberse a variaciones estacionales en la dieta de esta especie, pero para poder hacer esta afirmación tendríamos que evaluar la dieta de *Sula d. dactylatra* a lo largo de un año. Sin embargo podría deberse también al esfuerzo de muestreo, y puede que no exista una verdadera variación en cuanto a la presa favorita de *Sula d. dactylatra* entre las estaciones estudiadas, ya que tampoco existe una diferencia marcada entre el consumo de estas dos especies en las dos temporadas. Lo que si es indiscutible es que *Sardinella anchovia* y *Cypselurus heterurus* son los *items* más importantes en su dieta al menos para Otoño y Primavera. Por otra parte la presencia de más especies en la dieta de *S. d. dactylatra* en primavera (siete) a diferencia de octubre (cuatro) puede deberse al proceso de surgencia que ocurre en esta temporada, ya que al ocurrir un afloramiento de nutrientes los peces se concentran en estas regiones (Cushing 1969), esto puede explicar la presencia de más *items* en la dieta de *S. d. dactylatra* en primavera.

Así mismo la mayoría de las presas consumidas por *S. d. dactylatra* tienen una longitud que va de los 11 a los 20 cm, con una masa de 31 a 60 g. Las presas con estas características podrían representar una relación óptima entre la energía y el tiempo invertidos (número de inmersiones) con la calidad de los alimentos obtenidos (Nelson 1978). En este estudio no hubo presencia de calamar en la dieta de *Sula d. dactylatra*. Sin embargo se sabe que el calamar forma parte importante de la dieta de *Sula dactylatra* en otras localidades (Nelson 1978, Harrison *et al.* 1983, Schreiber y Hensley 1976, Jahnckey y Goya 2000), es muy probable que en Arrecife Alacranes el calamar también forme parte de la dieta de *Sula d. dactylatra* en otros meses a lo largo del año.

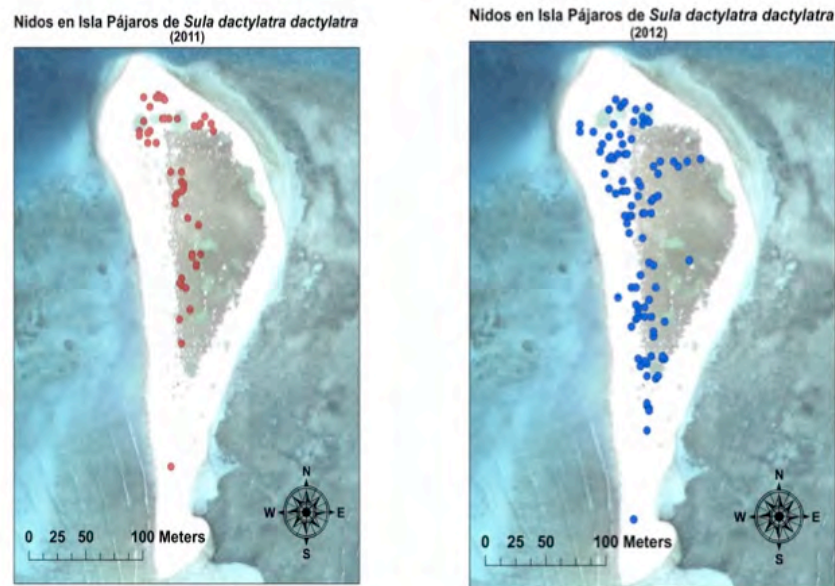
## Estructura de la colonia

La reproducción en aves marinas está fuertemente relacionada con las características del medio ambiente y condiciones oceanográficas, probablemente por que estos factores afecten su fuente de alimento (Immelmann 1971, Schreiber 2002), y este es el factor que influencia principalmente el desempeño reproductivo de las aves marinas (Crawford y Dyer 1994). *Sula d. dactylatra* del Parque Nacional Arrecife Alacranes presenta una reproducción asincrónica o continua (comunicación personal) por lo que durante todo el año se encuentran todos los estadios ontogénicos: huevos, polluelos, volantones y adultos con pollo y sin pollo. En este estudio la colonia de *Sula dactylatra dactylatra* en Isla Pájaros en noviembre 2011 estuvo constituida por 218 individuos adultos, para mayo 2012 el número se incremento a 226 individuos adultos. También hubo un incremento de nidos, pollos y huevos, esto sugiere que a pesar de que la reproducción se da a lo largo del año exista un pico de está y podría ser en época de surgencias. Sin embargo tendría que hacer un seguimiento de los individuos a lo largo del tiempo para poder verificarlo. Este tipo de reproducción es muy común en aves marinas que habitan islas tropicales (Nelson 1978, Immelmann 1971) y se debe principalmente a que este es un hábitat donde la temperatura del mar y la precipitación muestran una ligera variación estacional, lo que lo que no les proporciona ninguna ventaja sobre los demás individuos de la colonia tener a las pollos en un momento determinado (Immelmann 1971, Sapoznikow y Quintana 2009). Al contrario, la competencia intraespecifica puede verse reducida fuertemente al haber menos individuos en periodo de crianza, ya que en este periodo las demandas energéticas son mayores. Esto sugiere que la reproducción asincrónica le confiere una ventaja al éxito reproductivo a la colonia de *S. d. dactylatra* de isla Pájaros.

Los nidos de *Sula d. dactylatra* en ambos muestreos, presentaron una distribución espacial de tipo contagiosa, este tipo de distribución sugiere que los nuevos nidos



son construidos preferentemente cerca de otros ya establecidos (Figura 17), formando agrupaciones pequeñas (Scolara y Arias-De-Reyna 1984).



**Figura 17. Agregación de nidos de *S. d. dactylatra* de 2011 a 2012 de en Isla Pájaros, la parte blanca de la isla es sustrato arenoso con una ligera pendiente, la área sombrada esta cubierta por vegetación insular.**

La presencia de un individuo afecta en forma positiva la presencia de otro individuo y algunas aves que reclutan por primera vez son atraídas a criar cerca de nidos de alta calidad, previamente establecidos (Velando y Freire 1999), lo cuál sugiere que los padres primerizos al establecerse cerca de parejas con más experiencia podrían traerles alguna tipo de ventajas, como protección contra depredadores rapaces, al oír los bocinazos de alerta de las pareja más experimentadas, otras aves marinas presentan este tipo de distribución, *Spheniscus magellanicos* en Punta Tombo, Argentina (Scolara y Arias-De-Reyna 1984) *Fregata minor* (Reville 1988) y algunas gaviotas (Frere y Gandini 1996). Así mismo, podemos observar que la mayoría de los nidos se concentran en la parte noroeste de la isla (Figura 17), donde hay más vegetación. Está área se encuentra aproximadamente a 1.5 m sobre el nivel del mar, a diferencia de la área costera

con arena la cual está más expuesta al oleaje y a las mareas. Podemos sugerir que el establecimiento de los nidos en esta área confiere ventajas tales como protección del viento que sopla principalmente de E-NO (CONANP 2006). De igual forma esta sección de la isla es la parte más ancha y esto les puede brindar mayor protección principalmente de los vientos fuertes que se presentan de octubre a marzo (Caso *et al.* 2004, CONANP 2006). Esto explica la disminución del establecimiento de parejas al sur de la isla, que al ser la parte más angosta de la isla, las aves pueden estar mucho más propensas a los vientos fuertes. Así mismo, los nidos que se encuentran sobre la pendiente arenosa y en la zona sur de la isla son más vulnerables al oleaje, al viento y a la lluvia ya que se puede ocurrir desprendimientos del sustrato, siendo los nidos que se establecieron ahí más vulnerables en los meses de octubre a marzo por los fuertes vientos y en el periodo de mayor precipitación agosto y septiembre.

Por lo que podemos inferir que la morfología de la isla influye en el establecimiento de los nidos, siendo la parte más ancha de la Isla y la parte con vegetación los mejores sitios para *S. d. dactylatra* de isla Pájaros. Pudiéramos esperar un comportamiento similar en isla Muertos el sitio de anidación más grande de *S. d. dactylatra* en el océano Atlántico. Nuestras observaciones personales sobre la distribución de los nidos en esta última isla nos indican que hay indicios de ese tipo de distribución de nidos.

### **Índice de condición corporal**

Estimar el índice de condición es útil para determinar el estado de salud de las poblaciones de aves marinas (Labrada-Martagón *et al.* 2010). En noviembre de 2011 los 23 individuos adultos de *Sula d. dactylatra* evaluados presentaron en promedio una condición corporal elevada con respecto a su envergadura (1.06) y en mayo de 2012 los 30 individuos adultos evaluados presentaron en promedio una condición corporal baja con respecto a su envergadura (0.96). En el 2011 sólo se evaluó el 10.5 % de población adulta y en 2012 el 13.2%. Estos porcentajes tal

vez sean muy bajos como para poder hablar del estado de salud de la colonia en general. Sin embargo al existir un aumento de nidos, huevos, pollos de 2011 a 2012 en la colonia de Isla Pájaros, podemos sugerir que la colonia en general se encuentra saludable y esto les confiere a los individuos ventajas como éxito de reproducción y supervivencia (Stevenson y Woods 2006). El éxito reproductivo y la supervivencia los podemos corroborar al ver que la colonia de *S. d. dactylatra* de 2011 a 2012 aumenta.

### **Distancias de Forrajeo y Viajes de Pesca**

La productividad de los océanos tiene grandes implicaciones en los hábitos de forrajeo de las aves marinas (Ballance y Pitman 1999). Lack (1968) menciona que el radio de forrajeo es una de las estrategias reproductivas más importantes para las aves marinas, ya que de estos viajes de forrajeo para obtener su alimento depende su supervivencia y la de sus polluelos. En este estudio *Sula d. dactylatra* fue vista alimentándose hasta 76 km mar adentro, lo cual comprueba sus hábitos oceánicos, sin embargo esto no significa que pueda viajar más lejos en la búsqueda de su alimento, ya que se sabe que el rango de forrajeo puede variar enormemente entre temporadas, años y colonias (Gaston 2004), así como entre individuos de la misma especie en la misma colonia, ya que los adultos a comparación de los jóvenes poseen mayor habilidad en sus capacidades de forrajeo (Furness y Monaghan 1987).

En este estudio podemos corroborar que *Sula d. dactylatra* modifica su radio de forrajeo según la temporada reproductiva en la que se encuentre. En Isla Pájaros los adultos de *S. d. dactylatra* modifican sus viajes de pesca dependiendo si tienen pollo o no, reduciendo el radio de forrajeo cuando estos tienen pollos ya que se ven limitados por la necesidad de regresar al nido a alimentar a su cría o relevar a su pareja (Gaston 2004, Furness y Morgan 1987, Tershy y Croll 2000), por esto realizan viajes más cortos y de menos tiempo a lo largo de todo el día, ya

que en las primeras etapas los pollos deber ser atendidos y alimentados constantemente para asegurar así la supervivencia de estos. Así mismo este comportamiento ha sido reportado para *Sula dactylatra* en isla Galápagos, donde reduce su radio de forrajeo a 65 km en época de reproducción (Anderson y Ricklefs 1987).

A diferencia de los adultos que no tiene pollos, que se ausentan de la Isla hasta 17 horas en búsqueda de alimentó. Asimismo se ha reportado en el canal de Mozambique un radio de forrajeo de hasta 350 km para *Sula dactylatra* en época no reproductiva (Asseid *et al.* 2006). Esto sugiere que *Sula d. dactylatra* posee una gran plasticidad en su rango de forrajeo según la temporada en la que encuentre y que los pollos representan una fuerte restricción en cuanto a la distancia y al tiempo destinado a sus viajes de pesca.

### **Hábitos de forrajeo de *Sula d. dactylatra* y las pesquerías.**

La pesca puede tener efectos adversos sobre las aves marinas, uno de estos es la mortalidad incidental de aves que se quedan atrapadas en artes de pesca, principalmente en el palangre donde las aves marinas al robar los cebos de los ganchos, tragan el anzuelo y mueren ahogadas (Duffy y Schneider 1994, Winegrad y Wallace 2004, Tasker *et al.* 2000, Furness 2003). La pesca puede cambiar la disponibilidad de alimento de las aves marinas ya que explota principalmente a peces pelágicos (Furness 2000) y pueden agotar las poblaciones reduciendo así la disponibilidad de alimento de algunas aves marinas. Tal es el caso de *Sula variegata* en el mar peruano, la cual explota la misma talla de anchovetas que la que es explotada por las pesquerías (Jahncke y Zileri 1998). Muchas aves marinas muestran una fuerte dependencia con sus presas como *Sula variegata* en Isla Tierra de Lobos (Perú), donde al verse afectado su alimento principal, las aves abandonan la isla (Jahncke y Goya 2000). Esto sugiere que alteraciones en las presas de las aves marinas por la pesca industrial pueden producir alteraciones en la estructura de las comunidades de aves marinas. Para

el caso de *Sula d. dactylatra* del Parque Nacional Arrecife Alacranes, la sardina forma parte importante de la dieta, así mismo la sardina es pescada y usada como cebo por aproximadamente 500 embarcaciones palangreras de la región, lo que sugiere que este sector pesquero y *S. d. dactylatra* explotan el mismo recurso.

Sin embargo al ser la sardina una de las presas más consumidas por *S. d. dactylatra*, podemos deducir que está no esta sufriendo una afectación grave por parte de las pesquerías ya que si así fuera, la sardina no sería de las especies más abundantes en la dieta del bobo enmascarado. A partir de estos resultados debemos tener en cuenta la importancia de que haya un seguimiento en la dieta de *Sula d. dactylatra* para poder monitorear la presencia de las sardinas en su dieta, y poder hacer inferencias a largo plazo acerca de si existe o no una competencia real entre *Sula d. dactylatra* y la pesca de sardina.

Teniendo en cuenta que la colonia de *Sula d. dactylatra* del Parque Nacional Arrecife Alacranes es la más grande del Atlántico (CONANP 2006) es de vital importancia monitorear la actividad pesquera en la región ya que la pesca puede ser un factor limitante en el crecimiento de las poblaciones de aves marinas (Furness 2000 2003, Tasker *et al.*, 2000, González-Zeballos y Yorio 2006).

En general las aves marinas necesitan para mantener sus poblaciones un hábitat adecuado para anidar y un suministro adecuado de alimento (Furness y Monaghan 1987). Isla Pájaros tiene una longitud aproximada de 401 m y 127.18 m de ancho, es un lugar importante dentro del Parque Nacional Arrecife Alacranes para la anidación de *Sula d. dactylatra*. Es la única isla la cual es ocupada únicamente por *Sula d. dactylatra* a comparación de isla Muertos donde anidan *S. d. dactylatra*, *S. leucogaster*, *S. sula* y *Fregata magnificens*. Lo que sugiere que Isla Pájaros es un sitio de gran importancia para la especie, ya que está alberga más de 200 individuos de *Sula d. dactylatra* de los cuales están presentes todos los estadios ontogénicos y existe un aumento de nidos de octubre 2011 a mayo de 2012. Podemos concluir que isla Pájaros en si misma es importante para la

conservación de esta especie ya que ofrece un lugar importante para la anidación de esta especie.

En este estudio *Sula d. dactylatra* presenta variación temporal en su dieta, siendo el mes de noviembre de 2011 el mes en que se alimentó de menos *items*, cuatro en contraste con mayo de 2012 cuando la dieta de *Sula d. dactylatra* aumento el número de *items* en su dieta fue de siete. En esta temporada hubo más individuos adultos de *S. d. dactylatra*, más huevos y polluelos y sólo se registro un nido abandonado a comparación de 2011 donde se contabilizó el abandono de seis nidos con huevos, este abandono sugiere que debido a que Otoño la presiones climatológicas son más fuertes, ya que está es un temporada la cual se caracteriza por fuertes vientos “nortes” que van de 30 a 35 km/h (CONANP 2006). Esta presión pudo afectar de manera negativa a la colonia por lo que hubo más nidos abandonados en otoño 2011 que en primavera 2012, lo que sugiere que ante factores de estrés se puede presentar el abandono de huevos (Barton *et al.*, 2002), esta presión puede afectar a padres con menos experiencia a abandonar sus nidos, así mismo las interacciones interespecificas (Stevenson y Woods 2006) pudieron haber influenciado en el abandono de huevos.

Teniendo en cuenta la importancia del PNAA principalmente de Isla Pájaros, para la conservación de la *S. d. dactylatra* es importante realizar esfuerzos orientados al seguimiento de su población, así como realizar estudios de las demás aves marinas que residen en el Parque para saber como se dividen los recursos alimenticios y saber sus diferentes estrategias de forrajeo. El mantenimiento de un programa de monitoreo a largo plazo permitiría profundizar el conocimiento sobre estos temas y brindaría al Parque una base sólida para la evaluación de sus acciones de conservación.

## 5. Conclusiones

---

- Existen diferencias temporales en la dieta de *Sula d. dactylatra* del Parque Nacional Arrecife Alacranes.
- Los nidos de *Sula d. dactylatra* presentan una distribución espacial de tipo contagiosa y existe un mayor establecimiento de estos en la parte noroeste de la isla, así mismo en la parte donde hay vegetación y la isla es más ancha.
- La industria pesquera no significa una amenaza para la población de *Sula d. dactylatra*, ni por una competencia significativa de los recursos ni por muerte incidental.
- Con los resultado de este trabajo podemos inferir que en general la colonia de *Sula d. dactylatra* de Isla Pájaros se encuentra en buenas condiciones, la Isla Pájaros provee a estas aves un lugar importante para su anidación. El alimento no es un recurso limitante para el mantenimiento de la colonia y no hay indicios de ningún tipo de afectación grave hacia esta colonia ni por competencia por espacio de otras especies de aves marinas, ni por parte de las pesquerías, ni por depredadores tope como la presencia humana o especies introducidas como la rata ya que estás Islas estuvieron sujetas a la erradicación de ellas como un plan de conservación de Islas por parte de GECI.

## Referencias bibliográficas

---

Aldana, A.A. (1993). Arrecife Alacranes. *Avance y Perspectiva* 12: 141-145.

Aldana, A.A. y Domínguez Tec, J.O. (1994). Arrecife Alacranes II: sus pescadores. *Avance y Perspectiva* 13:211-218.

Anderson, D.J. (1993). Masked booby (*Sula dactylatra*). In: A. Poole, F. Gill. *The birds of North America*. No. 78. Philadelphia. The Academy of Natural Sciences,

Anderson, D.J., Ricklefs R.E. (1987). Radio-tracking masked and blue-footed boobies (*Sula* spp.) in the Galápagos Islands. *National Geographic Research*, 3:152–163.

Araya, B.M. y Millie, H.G. (2005). *Guía de campo de las Aves de Chile*. Editorial Universitaria.

Ashmole, J. M., Ashmole N. P. (1968). The use of food samples from sea birds in the study of seasonal variation in the surface fauna of tropical oceanic areas. *Pacific Science*, 22(1)1-10.

Ashmole, N.P. (1971). Seabird ecology and the marine environment. In: D. S. Farner & J.R. King. (eds). *Avian Biology*. New York, Academic Press.

Asseid, B.S., Drapeau, L., Crawford, R.J., & Dyer, B.M. (2006). The food of three seabirds at Latham Island, Tanzania, with observations on foraging by masked boobies *Sula dactylatra*. *African Journal of Marine Science*, 28:109–114. Doi:10.2989/18142320609504138

Ballance, L.T., Pitman, R.L. (1999). Foraging ecology of tropical seabirds. In: N.J.Adams & R.H.Slotow (eds). *Proc. 22 International Ornithology Congress, BirdLife South Africa*, 2057-2071.

Barrett, R.T., Camphuysen, C.J., Anker-Nilssen, T., Chardine, J.W., Furness, R.W., Garthe, S., Huppopp, O., Leopold, M.F., Montevecchi, W.A. & Veit, R.R. (2007). Diet studies of seabirds: a review and recommendations. – *ICES Journal of Marine Science*, 64: 1675–1691.

Barton, B.A., Morgan, J.D., & Vijayan, M.M. (2002). Physiological and condition-related indicators of environmental stress in fish. In: S.M. Adams. *Biological Indicators of Aquatic Ecosystem Stress*. American Fisheries Society.



Bello Pineda, J., Liceaga Correa, M. A., Hernández Núñez, H. & Ponce Hernández, R. (2005). Using aerial video to train the supervised classification of landsat TM imagery for coral reef habitats mapping. *Environmental Monitoring and Assessment*, 105:145-164.

Bonet, F. y Rzedowsky, J. (1992). La vegetación de las islas del Arrecife Alacranes, Yucatán, México. *Anales Escuela Nacional Ciencias Biológicas*, 11:1-4.

Botsford, L.W., Castilla, J.C. & Peterson C.H. (1997). The management of fisheries and marine ecosystems. *Science*, 277:509-515.

Brower, J.E., Zar, J.H. & Von Ende, C.N. (1999). *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. 3ra ed. New Jersey, Brown Publishers.

Cairns, D.K. (1987). Seabirds as indicators of marine food supplies. *Biological Oceanography*, 5:261-271.

Caso, M., Pisanty I. y E. Ezcurra. (2004). *Diagnostico ambiental del Golfo de México*. Instituto Nacional de Ecología. INE-SEMANART. México.

Castillo Guerrero, J.A. y Mellink, E. (2005). *Catálogo de edades: Sula leucogaster*. Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada. Ensenada, B.C.

Catálogo de Peces Marinos Mexicanos. (1976). *Secretaría de Industria y Comercio*, Subsecretaría de Pesca. Instituto Nacional de Pesca.

Clifford, L.D., Anderson, D. J. (2001). Food limitation explains most clutch size variation in the nazca booby. *Journal Animal Ecology*, 70:539-545.

Colás Marrufo, T., Tuz Sulub, A. y Brulé T. (2002). Observaciones preliminares sobre la pesquería de Mero (Serranidae-Ephinephelinae) en el Parque Marino Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán, México. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 53:430-445.

CONABIO, SF. Ficha Técnica para la evaluación de los sitios prioritarios para la conservación de los ambientes costeros y oceánicos de México. Consultado en: [http://www.conabio.gob.mx/gap/images/1/13/67\\_Arrecife\\_Alacranes.pdf](http://www.conabio.gob.mx/gap/images/1/13/67_Arrecife_Alacranes.pdf)

CONANP, (2006). *Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Arrecife Alacranes*. SEMARNAT, México.

CONAPESCA, (2006). *Pesca, acuacultura e investigación en México*. México.

- Crawford, R. J., Dyer, B. M. (1994). Responses by four seabirds species to a fluctuating availability of cape anchovy *Engraulis capensis* off south Africa. *Ibis*, 137:329-339.
- Cushing, D.H. (1969). Upwelling and Fish Production. *FAO Fisheries Technical Paper* No. 84
- Dickson, H.H., Moore, R. H. (1977). *Fishes of the Gulf of Mexico Texas, Louisiana, and Adjacent Waters*. Texas University Press.
- Duffy, C.D., Schneider, C.D. (1990). Seabird-fishery interaction: a manager's guide. In: D.N. Nettleship, J. Burger, M. Gochfeld. *Seabirds on islands threats, case studies and action plans*. Bird Life conservation, 1: 26- 38.
- Duffy, C. D., Scheneider, C.D. (1994). Seabird-fishery interactions: a manager's guide. *Bird Life Conservation Series*, 1:26-38.
- Faaborg, J. (1988). *Ornithology an Ecological Approach*. New Jersey, Prentice Hall.
- Fisher, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E. y Niem, V.H. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro oriental. Vertebrados-parte 1*. Roma, FAO.
- Flores, J. S. (1984). Dinámica de emersión del suelo y sucesión de la vegetación en el Arrecife Alacranes del Canal de Yucatán. *Biótica*, 9: 41-63.
- Flores, J. S. (1992). *Vegetación de las Islas de la Península de Yucatán: Florística y Etnobotánica*. Etnoflora Yucatanense.
- Frederiksen, M., Wanless, S., Harris, P.M., Rothery P. & Wilson, J.L. (2004). The role of industrial fisheries and oceanographic change in the decline of north sea Black-legged kittiwakes. *Journal of Applied Ecology*, 41: 1129-1139.
- Frere, E. , Gandini, P. (1996). Conceptos generales para la evaluación y monitoreo de poblaciones de aves marinas. *Fundación Patagónica Natural*. Informe técnico 8.
- Furness, R.W., Monaghan, P. (1987). *Seabird Ecology*. London, Blackie.
- Furness, W.R. (2000). Impacts of fisheries on seabird community stability. *ICES Annual Science Conference*, Bruges, Living Resources.
- Furness, W.R. (2003). Impacts of fisheries on seabird communities. *Scientia Marina*, 2: 33-45.

Furness, W.R., Camphuysen, C.J. (1997). Seabirds as monitors of the marine environment. *ICES Journal of Marine Science*, 54: 726–737.

García, S., López Victoria, M. (2007). Ecología trófica del piquero de Nazca *Sula granti* (Aves: Sulidae) en la isla Malpelo, Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 36: 9-32.

Gaston, A.J. (2004). *Seabirds: A natural history*. London, Yale University Press.

González Gándara, C., Arias González, J.E. (2001). Lista actualizada de los peces del arrecife Alacranes, Yucatán, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad autónoma de México, Serie Zoología*, 72(2) : 245-258.

González Zevallos, D., Yorio, P. (2006). Seabird use of discards and incidental captures at the Argentine hake trawl fishery un the golfo San Jose, Argentina. *Marine Ecology Progress Series*, 316:175-183.

Halewyn, R.V., Norton, R.L. (1984). The status and conservation of seabirds in the Caribbean. In: J.P. Croxall, P.G.H Evans & R.W Schreiber. *Status and conservation of the world's seabirds*. ICBP. Technical Publication 2: 169-222.

Harrison, C.S. ,Seki, M.P. (1987). Trophic relationship among tropical seabirds at the Hawaiian Island. In: J.P. Croxall. *Seabirds feeding biology and role in marine ecosystems*. Cambridge University Press.

Harrison, P. (1983). *Seabirds an Identification Guide*. Boston, MA: Houghton Mifflin.

Harrison, C.S., Hida, T.S. & Seki M.P. (1983). Hawaian seabirds ecology. *WildLife Monographs*, 85:1-71.

Harrison, C.S., Hida, T.S. & Seki, M.P. (1984). The diet of the Brown Booby *Sula leucogaster* and Masked Booby *Sula dactylatra* on Rose Atoll, Samoa. *Ibis*, 126: 588-590.

Harrison, C.S. & Seki, M.P. (1987). Trophic relationship among tropical seabirds at the Hawaiian Island. In: *Seabirds feeding biology and role in marine ecosystems*. Cambridge University Press.

Hildebran, H., Chávez, H. y Compton, H. (1964). Aporte al conocimiento de los peces del Arrecife Alacranes, Yucatán, México. *Ciencia*, 23: 107-134.

Hunt, G.L. ,Schneider, D.C. (1987). Scale-depent processes in the physical and biological environment of marine birds. In: J.P. Croxall. *Seabirds feeding biology and role in marine ecosystems*. Cambridge University Press.

- Hutton, I. (1991). *Birds of Lord Howe Island*. South Melbourne, Lithocraft.
- Immelmann, K. (1971). Ecological Aspects of periodic reproduction. In: D.S. Farmer, J.R. King. *Avian Biology*. New York, NY, Academic Press.
- INEGI. (2012). Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx>
- Instituto Nacional de Pesca. (1976). *Catálogo de Peces Marinos Mexicanos*. Secretaría de Industria y Comercio, Subsecretaría de Pesca. México
- Jahncke, J. (1998). Las poblaciones de aves guaneras y sus relaciones con la abundancia de anchoveta y la ocurrencia de eventos el Niño en el mar Peruano. *Boletín Institucional Mar Perú*, 17:1-13.
- Jahncke, J., Goya, E. (1998). Las dietas del guanay y del piquero peruano como indicadores de la abundancia y distribución de anchoveta. *Boletín Institucional Mar Perú*, 17: 15-33.
- Jahncke, J., Goya, E. (2000). Responses of three booby species to El Niño 1997-1998. *Waterbirds*, 23: 102-108.
- Jahncke, J., Zileri, D. (1998). Estudios sobre dieta en piqueros como indicadores de la estructura por tallas de los stocks de anchovetas en el mar peruano. *Boletín Institucional Mar Perú*, 17: 47-54.
- Labrada Martagón, V., Méndez Rodríguez, L.C., Gardner, S.C., Cruz Escalona, V.H. & Zenteno Savín, T. (2010). Health índices of the green turtle (*Chelonia mydas*) along the pacific coast of Baja California Sur, Mexico. *Chelonian Conservation and Biology*, 9(2): 173–183.
- Lack, D. (1966). *Population Studies of Birds*. Oxford, Clarendon Press.
- Lack, D. (1968). *Ecological Adaptations for breeding in birds*. London, Methuen.
- Le Corre, M., Cherel, Y., Lagarde, F., Lormée, H. & Jouventin, P. (2003) Seasonal and interannual variation in the feeding ecology of a tropical oceanic seabird, the redtailed tropicbird *Phaethon rubricauda*. *Marine Ecology Progress Series*, 255: 289–301.
- Liceaga Correa, M.A., Hernández Núñez, H. (2000). Localización y dimensiones del Arrecife Alacranes. *Jaina*, 11:2.
- Liceaga Correa, M.A., Ríos Lara, G.V., Zetina Moguel, C. y Hernández Núñez, H. (1998). Clasificación rápida del ambiente arrecifal para la evaluación de los recursos pesqueros. *Proceeding of the 50th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. GCGI:50.

Marchant, S., Higgins, P. (1990). *Handbook of Australian, New Zealand and Antarctic Birds: Ratites to Ducks*. Melbourne, Oxford University Press.

Mellink, E., Domínguez, J. & Luévano, J. (2001). Diet of eastern pacific brown boobies *Sula leucogaster brewsteri* on Isla San Jorge, north-eastern Gulf of California, and a April comparison with diets in the middle gulf of California. *Marine Ornithology*, 29: 23-28.

Mexicano Cíntora, G., Liceaga Correa, M.A. y Salas, S. (2009). Uso de sistemas de información geográfica en pesquerías: la pesca en Yucatán, al sur del Golfo de México. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 25:23-38.

Montevicchi, W.A. (1993). Birds as indicators of change in marine prey stock. In R.W. Furness & J.J.D. Greenwood. *Birds as monitors of environmental change*. London, Chapman and Hall.

Nelson, J.B. (1966). The breeding behaviour of the white booby *Sula dactylatra*. *IBIS*, 109:194-231.

Nelson, J.B. (1978). *The Sulidae: Gannets and Boobies*. London, Oxford University Press.

Reville, B.J. (1988). Effects of spacing and synchrony on breeding success the Great Frigatebird (*Fregata minor*). *Auk*, 105:252-259.

Rivas Solis, W.R. (1990). Estructura de la comunidad bentónica de la parte sur del arrecife alacranes, Yucatán, México. (Tesis de Maestría) Centro de Investigación y Estudios Superiores de Ensenada. Ensenada, México.

SAGARPA, (2007). *Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca*. México, CONAPESCA.

Sapoznikow, A. y Quintana, F. (2009). Asincronía de puesta y reposición de la nidada en el cormorán cuello negro (*Phalacrocorax magellanicus*) ¿Evidencias de las características de su fuente de alimento? *Hornero*, 24(1): 21:30.

Schreiber, E.A. (2002). Climate and weather effects on seabirds In: E.A. Schreiber, J. Burger. *Biology of marine birds*. Boca Raton, CRC.

Schreiber, E.A., Burger, J. (2002). *Biology of Marine Birds*. New York, NY. CRC. Marine Biology.

Schreiber, R.W., Hensley, D. (1976). The Diets of *Sula dactylatra*, *Sula sula*, and *Fregata minor* on Christmas Island, Pacific Ocean. *Pacific Science*, 30: 241-248.

Scolara, J.A., Arias De Reina, L. (1984). Distribución espacial actualizada de la nidificación y tamaño de la población de *Spheniscus magellanicus* en Punta Tombo, Chubut, Argentina (AVES:SPHENISCIDAE). *Historia Natural*, 4:27.

SEMARNAP, (2000). *Anuario Estadístico de Pesca 1999.*, México

Stevenson, R.D., Woods, W.A. (2006). Condition indices for conservation: new uses for evolving tools. *Integrative and comparative Biology*, 46:6.

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

Tasker, L.M., Camphuysen, C.J., Garthe, S., Montevecchi, A.W. & Blaber, J.M. (2000). The impacts of fishing on marine birds. *ICES. Journal of Marine Science*, 57:531-547.

Tershy, B. R., Croll, D.A. (2000). Parental investment, adult sex ratios, and sexual selection in a socially monogamous seabird. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 48: 52-60.

Tovar, H., Guillén, V. (1988). Comportamiento alimenticio *Sula variegata* ave guanera peruana. *Boletín Lima*, 60: 85-90.

Tunnell, W. J. Jr., Chapman, R.B. (1988). First record of Red-footed Boobies nesting in the Gulf of Mexico. *American Bird*, 42:3.

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

Velarde, E., Ezcurra, E., Cisneros-Mata, M.A. & Lavín, M.F. (2004). Seabird Ecology, el Niño anomalies, and prediction of sardine fisheries in the Gulf of California. *Ecological Society of America*, 14:607-615.

Weimerskirch, H., Le Corre, M. & Bost, C.A. (2008). Foraging strategy of masked boobies from the largest colony in the world: relationship to environmental conditions and fisheries. *Marine Ecology Progress Series*, 362: 291–302.

Winegrad, G. y Wallace, G. (2004). La pesca con Palangre: Una crisis global para las aves Marinas – En busca de soluciones para beneficio de aves y pescadores. Muerte Súbita en Alta Mar. *American Bird Conservancy*, Washington.

Zar, H.J. (1999). *Biostatistical Analysis*. 4 ed. New Jersey, Prentice Hall.

**Anexo A**

Formato de la entrevista aplicada a los pescadores de Puerto Progreso.

Encuesta No. \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Encuestador: \_\_\_\_\_

1. Comunidad o localidad: \_\_\_\_\_

2. Nombre del pescador: \_\_\_\_\_

3. Edad \_\_\_\_\_ 4. A que cooperativa pertenece \_\_\_\_\_

5. ¿Qué productos pesca? \_\_\_\_\_

6. ¿Qué artes de pesca utiliza? \_\_\_\_\_

7. En que lugares pesca \_\_\_\_\_

8. Otros artes de pesca se utilizan en la región \_\_\_\_\_

9. ¿Qué tipo de cebo usan para pescar? \_\_\_\_\_

10. ¿Donde consiguen el cebo? \_\_\_\_\_

11. ¿Qué tamaño de cebo usan? \_\_\_\_\_

12. Usan preferentemente un cebo de un algún rango de tamaño

\_\_\_\_\_ 13.

Si contesta que sí, ¿Por qué? \_\_\_\_\_

14. Pesca en presencia de aves marinas \_\_\_\_\_

15. ¿Conoce al bobo enmascarado? \_\_\_\_\_

16. Si contesta que sí, Pesca en presencia de esta ave marina

---

17. Las aves le dan problemas con sus artes de pesca \_\_\_\_\_

18. Sí, si ¿Cuáles? \_\_\_\_\_

19. Las aves marinas buceadoras le roban los cebos de sus anzuelos \_\_\_\_\_

20. Las aves se ha quedado atrapadas en sus artes de pesca \_\_\_\_\_

21. Si, si ¿Cuáles aves? \_\_\_\_\_

22. Es frecuente que ocurra este hecho \_\_\_\_\_

Comentarios:

---