CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLOGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

ECOLOGIA Y ETOLOGIA DE LA DEPREDACION DE DOS ESPECIES DE AVES ACUATICAS EN UN AMBIENTE SALINO EXTREMO

TESIS

Que para obtener el grado de

Doctor en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
Orientación Ecología

Presenta

Julio César Peralta Gallegos

La Paz, B.C.S., Julio de 2007

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12 horas del día 29 del mes de JUNIO de 2007, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección General de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Nororeste, S.C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

Ecología y Etología de la Depredación de Dos Especies de Aves Acuáticas en un Ambiente Salino Extremo

Presentada por el alumno:

Julio César Peralta Gallegos

Aspirante al Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN **ECOLOGIA**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la comisión manifestaron su APROBACION DE LA TESIS, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

DRA. THELMA R. CASTELLANOS CERVANTES
CO-TUTORA

DR. DANIEL B. LLUCH COTA
CO-TUTOR

DR. BERNARDO MURILLO AMADOR
CO-TUTOR

DR. ARADIT CASTELLANOS VERA
CO-DIRECTOR

DR. ALFREDO ORTEGA RUBIO
CO-DIRECTOR

DRA. THELMA ROSA CASTELLANOS CERVANTES
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Esta tesis fue dirigida por:

Dr. Aradit Castellanos Vera	Centro de Investigaciones Biológicas del Nororeste, S.C. Dirección de Apoyo Técnico.
Dr. Alfredo Ortega Rubio	Centro de Investigaciones Biológicas del Nororeste, S.C. Programa de Planeación Ambiental y Conservación.

El Comité Tutorial y el de Revisión, estuvo integrado por:

Dr. Aradit Castellanos Vera	Centro de Investigaciones Biológicas del Nororeste, S.C. Dirección de Apoyo Técnico.
Dr. Alfredo Ortega Rubio	Centro de Investigaciones Biológicas del Nororeste, S.C. Programa de Planeación Ambiental y Conservación.
Dra. Thelma R. Castellanos Cervantes	Centro de Investigaciones Biológicas del Nororeste, S.C. Dirección de Estudios de Posgrado.
Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota	Centro de Investigaciones Biológicas del Nororeste, S.C. Programa de Ecología Pesquera.
Dr. Bernardo Murillo Amador	Centro de Investigaciones Biológicas del Nororeste, S.C. Programa de Agricultura en Zonas Aridas.

El Jurado del examen de grado estuvo constituido por:

Dr. Alfredo Ortega Rubio	Centro de Investigaciones Biológicas del Nororeste, S.C. Programa de Planeación Ambiental y Conservación.
Dr. Aradit Castellanos Vera	Centro de Investigaciones Biológicas del Nororeste, S.C. Dirección de Apoyo Técnico.
Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota	Centro de Investigaciones Biológicas del Nororeste, S.C. Programa de Ecología Pesquera.
Dr. Bernardo Murillo Amador	Centro de Investigaciones Biológicas del Nororeste, S.C. Programa de Agricultura en Zonas Aridas.
Dr. Luis Felipe Beltrán Morales	Centro de Investigaciones Biológicas del Nororeste, S.C. Coordinación de Estudios Ambientales.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado a través del Programa de Becas (144417) y financiamiento otorgado para la realización de mis estudios doctorales.

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. por darme la oportunidad de continuar estudiando, por contribuir a mi formación profesional y darme el orgullo de formar parte de su merecido prestigio académico y científico.

Al personal de Estudios de Posgrado: Dra. Thelma Castellanos, Osvelia, Letty, Betty, Claudia y Lupita, de quienes siempre recibí apoyo y amistad.

A los doctores Alfredo Ortega Rubio y Aradit Castellanos Vera, Co-Directores de mi tesis, y más que esto, guías y amigos leales, quienes con su ejemplo me motivaron a continuar estudiando. Les agradezco su enorme paciencia y que no hubiera una sola ocasión en que no comprendieran mi gran cantidad de compromisos, prisas, explicaciones, “enredos” y manuscritos. Su guía, interés y amistad, fueron decisivos y gran parte de este logro se lo debo a ellos.

A mis Co-tutores, Dra. Thelma Castellanos Cervantes, Dr. Bernardo Murillo Amador y Dr. Daniel Lluch Cota, de quienes recibí mucha comprensión, apoyo y orientaciones siempre que lo necesité. Su actitud de confianza, respeto y aprecio, y su profesionalismo, me comprometieron a no fallar.

A Horacio Sandoval y Manuel Melero, gracias por el apoyo que me brindaron en mis diferentes presentaciones.

Al personal de la biblioteca: Ana María Talamantes, Tony Díaz, Esther Ojeda y Edgar Yuén, quienes en repetidas ocasiones me ayudaron a conseguir información de manera rápida y profesional…y toleraron estoicamente toda la “guerra” que les di. Gracias muchachos.

Al Dr. Sergio Hernández Vázquez, quien me recibió en el CIBNOR, con gran apertura, respeto y comprensión. Gracias Sergio. Mi respeto y aprecio.

Al personal del CIBNOR Unidad Guerrero Negro, que me apoyó con vehículo, laboratorio, aparatos y personal para el trabajo de campo. Mi agradecimiento al Dr. Raúl López, Lic. Liliana Bastida, y Telésforo Aguilar (resultó muy buen marinero).

A Exportadora de Sal, S.A. de C.V., que me dio la oportunidad de desempeñarme profesionalmente y de llevar a cabo los trabajos de campo que soportaron la investigación de esta tesis. Mi agradecimiento al Ing. Juan Ignacio Bremer González (en ese tiempo Director General), al Ing. Edmundo Elorduy (actual Director General), al Ing.

Joaquín Ardura González; así como al personal del Depto. de Ecología y Seguridad Industrial: Ing. Martín García Aguilar, Lic. Luis de la Fuente, Rubén Correa y Roberto Morales.

DEDICATORIA

A mi esposa, Irma Margarita, por haberme acompañado en todas mis aventuras durante ya cerca de 25 años, y por creer en mí, en las buenas y en las malas; y, sobretodo, por su lucha para lograr que la familia no pierda sus valores…Gracias nena. Mi gratitud y mi cariño por siempre.

A mis hijos, Julio César y Emmanuel, quienes nunca dudaron de que su padre llegaría a la meta, y porque han sido faro luminoso en las noches de mi vida. Gracias hijos, su seguridad me impulsó a no claudicar…Ahora les toca a ustedes.

A mis padres, Rosa y Manuel, quienes siempre han celebrado mis triunfos, muchas veces más pequeños que grandes, pero ellos los celebran todos como si yo hubiera recibido premios Nobel. Los llevo en el corazón.

A mis hermanos, Marco Antonio, Luis Fernando y Rosa Isela, y a mi primo Marcos Alfredo (q.e.p.d. y quien fue más hermano que primo, y que gustosamente me apoyó durante uno de los trabajos de campo) por su confianza en mi. A Marco Antonio le debo haberme servido de fotógrafo (jamás pensó que iba a llegar a ser fotógrafo de la vida silvestre) y haberse ganado el mote en la salina de “el loco de las gaviotas.”

A mis abuelos, que felizmente están donde deben estar, y que se que, quizá inmerecidamente, estarían orgullosos de mí. Su vida y su ejemplo de trabajo han marcado mi vida…y aún los extraño. Gracias por haberme tolerado cuantas veces quise. La vida en el rancho y el medio ambiente circundante, orientó, muchas veces, el interés de mi carrera profesional.

A Doña Tere Avila Vda. de Contreras, y toda mi familia Contreras Avila (también Paco) que siempre tuvieron la certeza del logro de mi meta.

A mis cuñados Alvaro, David, Leonor y Gloria, quienes toda la vida han creído en mí, y en ellos he encontrado otros hermanos. Gracias por darme ánimos para continuar.

A todos los que de una manera u otra me apoyaron con su actitud propositiva, con consejos, con opiniones, con expresiones de ánimo…Son tantos cuyos nombres no escribo por temor de olvidar alguno. Sin embargo, ellos saben quienes son y les agradezco mucho su interés y buenos propósitos (incluyo al “Crany”, que me ayudó en uno de los trabajos de campo –aunque después, sin mediar comentario alguno, ya no quiso colaborar como ayudante de científico--).

C O N T E N I D O

CONTENIDO i

INDICE DE FIGURAS iv

INDICE DE GRAFICAS v

INDICE DE TABLAS vi

RESUMEN vii

ABSTRACT x

1. INTRODUCCION 1

2. HIPOTESIS 23

3. OBJETIVOS 24

4. MATERIALES Y METODOS 25

4.1. Determinación de un nuevo caso de depredación 25

4.2. Etología en la depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre el zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*). 25

4.3. Factores ecológicos asociados a la depredación de la gaviota occidental *(Larus occidentalis*) sobre el zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis).* 26

4.3.1. Número de depredaciones ocurridas en la temporada. 27

4.3.2. Salinidad. 28

4.3.3. Perturbación. 28

4.3.4. Presencia o ausencia de sitios de percheo 29

4.3.5. Disponibilidad de presas. 29

4.4. Forrajeo del zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*). 30

4.4.1. Peso de *Podiceps nigricollis* y tipo de alimento en el estómago. 30

4.4.2. Estimación de la disponibilidad de alimento (densidad de presas. 31

4.5. Forrajeo y depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre larvas de la mosca de salmuera (*Ephydra sp*.). 32

4.6. Alimentación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) por reflejo condicionado. 35

4.7. Análisis de la información. 36

4.7.1. Nuevo caso de depredación. 36

4.7.2. Etología en la depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre el zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*). 36

4.7.3. Factores ecológicos asociados a la depredación de La gaviota occidental *(Larus occidentalis*) sobre el zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*). 37

4.7.4. Forrajeo del zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*). 38

4.7.5. Forrajeo y depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre larvas de la mosca de salmuera (*Ephydra sp*.). 38

4.7.6. Alimentación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) por reflejo condicionado. 40

5. RESULTADOS 41

5.1. Determinación de un nuevo caso de depredación. 41

5.2. Etología en la depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre el zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*). 42

5.3. Factores ecológicos asociados a la depredación de la gaviota occidental *(Larus occidentalis*) sobre el zambullidor

orejudo (*Podiceps nigricollis).* 48

5.4. Forrajeo del zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*). 52

5.4.1. Peso de *Podiceps nigricollis* y tipo de alimento en el estómago. 52

5.4.2. Estimación de la disponibilidad de alimento (densidad de presas). 53

5.5. Forrajeo y depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre larvas de la mosca de salmuera (*Ephydra sp*.). 58

5.6. Alimentación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) por reflejo condicionado. 65

6. DISCUSION 68

7. CONCLUSIONES 80

8. LITERATURA CITADA 82

ANEXOS 93

INDICE DE FIGURAS

NUMERO	FIGURA	PAGINA
1	Variaciones cíclicas de la densidad poblacional del depredador y la presa.	4
2	Localización del área de estudio.	13
3	Sitio de alimentación de *Larus occidentalis* (dique 5A/5B).	33
4	*Podiceps nigricollis* sujetado por la gaviota.	46
5	*Podiceps nigricollis* llevado al dique del vaso.	46
6	*Podiceps nigricollis* en terreno firme.	46
7	*Podiceps nigricollis* con abertura por donde la gaviota extrae órganos internos, grasa y músculos.	46
8	Gaviotas sobre piedras en dique.	60
9	Gaviotas en áreas planas tipo “playa”.	60
10	Larvas de *Ephydra sp*. que ha arrojado el viento.	61
11	Gaviotas posadas sobre las piedras en contacto con la salmuera.	61
12	Gaviota alimentándose de larvas de *Ephydra sp*.	61
13	Larvas de *Ephydra* sp. en la salmuera.	61
14	Gaviotas sobre la salmuera alimentándose de larvas de *Ephydra sp*.	62
15	Gaviotas en áreas tipo “playa” alimentándose de *Ephydra sp*.	62
16	Alimentación según la primera y segunda modalidad	63
17	Proventrículo y estómago conteniendo larvas de *Ephydra sp*.	64
18	Proventrículo y estómago conteniendo larvas de *Ephydra sp*.	64

INDICE DE GRAFICAS

NUMERO	GRAFICA	PAGINA
1	Asociación del número de depredaciones al número de *Podiceps nigricollis.*	49
2	Asociaciones positivas entre las variables número de *P. nigricollis* y número de depredadores.	50
3	Comparativo del número de depredaciones y número *de Larus occidentalis*.	51
4	Comparativo del número de depredaciones y la salinidad.	51
5	Comparativo de densidad de presas para *Podiceps nigricollis* y resultados del censo de esta especie.	55
6	Asociación positiva entre las variables número de *Podiceps nigricollis* y densidad de presas.	57

INDICE DE TABLAS

NUMERO	TABLA	PAGINA
I	Depredaciones de *Podiceps nigricollis.*	42
II	Eficiencia de la depredación de *Larus occidentalis* sobre *Podiceps nigricollis.*	43
III.	Fases de la depredación de la gaviota occidental (*L. occidentalis*) Sobre el zambullidor orejudo (*P. nigricollis*).	48
IV	Depredaciones durante la temporada 2002-2003, y variables estudiadas.	48
V	Promedio de los pesos de *Podiceps nigricollis* al inicio y al final de su invernación en la salina de Guerrro Negro, B.C.S., y tipos de alimento en su estómago.	53
VI	Densidad estimada de alimento disponible (indiv./m^3) para *Podiceps. nigricollis*	56
VII	Resultados de arrastres con red planctónica.	59
VIII	Resultados de los pesos de larvas de *Ephydra sp*. encontrados en *Larus occidentalis*.	64
IX	Relación del número de gaviotas que recibieron y no recibieron Alimento.	67

RESUMEN

Las salinas de evaporación solar del agua de mar, son ecosistemas hipersalinos complejos, en donde las diferentes especies que forman las comunidades bióticas poseen características ecológicas que les permiten aprovechar los recursos alimenticios y los elementos físicos y químicos disponibles para sobrevivir. Así, especies de aves acuáticas que habitan dichos ecosistemas han tenido que desarrollar estrategias de depredación y comportamientos que les permiten explotar los recursos alimenticios disponibles o alternativos. En ese contexto, el presente trabajo, realizado entre diciembre del 2002 y junio del 2003, se enfocó en conocer aspectos de la ecología y etología de dos especies de aves: la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) y el zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*) que habitan la salina de Guerrero Negro, B. C. S., cuya extensión es de aproximadamente 33,000 ha.

En el trabajo se documentan hallazgos relacionados con el aprendizaje de estas dos especies de aves, a partir del cual desarrollan conductas depredatorias y alimenticias de explotación de los recursos particulares de la salina Guerrero Negro. Así, se describe el patrón típico de caza mediante el cual las gaviotas occidentales capturan y consumen zambullidores orejudos y los factores que influyen sobre el comportamiento y en la eficiencia depredatoria. La eficiencia depredatoria sobre los zambullidores orejudos fue muy alta, pues todos los intentos de caza se lograron.

Asimismo, se documenta el patrón típico de forrajeo de la gaviota occidental sobre larvas de la mosca de salmuera, *Ephydra sp.,* otro de los recursos alternativos alimenticios disponible en la salina. Las gaviotas occidentales pueden alimentarse de

larvas vivas de esta mosca, llegando a ser su único alimento y constituir en consecuencia la masa total del contenido del proventrículo y del estómago. La disponibilidad de este recurso es, prácticamente ilimitada en cuanto a biomasa, aunque restringida a zonas específicas de la salina, en las que las condiciones de salinidad favorecen su producción masiva.

Por otra parte, con respecto al zambullidor orejudo (una especie que inverna en la salina de diciembre a junio) a su vez se determinó que utiliza como parte de su dieta, tres tipos de invertebrados: *Artemia salina, Ephydra sp.* (adultos, larvas y pupas) y *Tricoxia sp*. presentes en la salina. Se evaluó la contribución de estos componentes de la dieta en la ganancia en peso del zambullidor orejudo previo a su regreso a sus sitios de reproducción. Las hembras adquieren una ganancia en peso de 158.34 g, y los machos 176.2 g. en promedio. Se determinaron sus zonas principales de forrajeo dentro de la salina, donde se observó que a una mayor densidad de presas corresponde un mayor número de zambullidores orejudos.

La salinidad extremadamente alta de los vasos que forman la salina, constituye un ambiente limitante para la presencia de muchos organismos vivos. No obstante, algunas especies de aves, como la gaviota occidental y el zambullidor orejudo, como se documenta por primera vez con este trabajo, han desarrollado comportamientos, estrategias de caza y de selección de recursos alimenticios particulares o alternativos, que les permiten y favorecen su sobrevivencia en un ambiente hipersalino.

Palabras clave: Depredación, *Larus occidentalis, Podiceps nigricollis*.

Dr. Alfredo Ortega Rubio Dr. Aradit Castellanos Vera

ABSTRACT

Solar saltworks are complex hypersaline ecosystems, where diverse species which constitute the biotic communities have ecological characteristics which allow them to take advantage of the food resources as well as the available physical and chemical elements to survive. So, species of aquatic birds that inhabit those ecosystems have had to develop predation and behavior strategies that allow them to exploit the alternative or available food resources. On this context, this work, carried out from december 2002 to June 2003, focused on knowing aspects of the ecology and ethology of two aquatic bird species: the Western Gull (*Larus occidentalis*) and the Eared Grebe (*Podiceps nigricollis*) which inhabit the Guerrero Negro, B.C.S., solar saltworks whose territorial extension is 33,000 hectares.

In this work it is documented findings related to the learning of these two bird species, from which they develop predatory and feeding behaviors for exploitation of particular resources of the Guerrero Negro solar salworks. So, it is described the typical hunting pattern by which the Western Gull captures and consumes the Eared Grebe, and the factors that influence the behavior and predatory efficiency. The predatory efficiency of predation of the Western Gull on the Eared Grebe was too high, because all the hunting actions were successful.

It is also documented the typical foraging pattern of the Western Gull on the brine fly larvae *Ephydra sp*., another of the available alternative food resources in the solar saltworks. The Western Gulls can feed on living larvae of this brine fly, being this larvae their one and only food, and constitute by consecuence the total content mass in their

proventricoulus and stomach. The availability of this resource is practically unlimited regarding the biomass, although it is restricted to specific zones in the solar saltworks, iwhere salinity enhance its massive production.

On the other hand, regarding the Eared Grebe (a species that winters in the solar saltworks from December to June) it was determined that it uses three types of invertebrates as part of its diet: *Artemia salina, Ephydra sp*. (adult, larvae and pupae) and *Tricocorixa sp*. existing in the solar saltworks. It was evaluated the contribution of these components of the diet in the weight gain of the Eared Grebes prior to their departure to their breeding grounds. Females get a weight gain of 158.34 g, and males 176.2 g in average. It was also determined their main foraging areas in the solar saltworks, where it was observed that to a higher prey density correspond higher numbers of Eared Grebes.

The extremely high salinity of the ponds which constitute the solar saltworks, results in a limited environment for the presence of many living organisms. Regardless, some bird species as the Western Gull and the Eared Grebe, as it is first documented by this work, have developed behaviors, hunting and selection of particular or alternative food resources strategies, which allow and enhance their surviving in a hypersaline environment.

Key words: Predation, *Larus occidentalis, Podiceps nigricollis.*

Dr. Aradit Castellanos Vera Dr. Alfredo Ortega Rubio

1. INTRODUCCION

En un ecosistema, las especies que constituyen las diferentes poblaciones establecen interacciones entre ellas, conocidas como interacciones interespecíficas (Emmel, 1975). En efecto, en cualquier situación en la que una población interactúe con otra, una de ellas o ambas, modificará su capacidad para crecer y sobrevivir. Si una población o las poblaciones que interactúan se benefician con la interacción, su velocidad de crecimiento tiende a aumentar. Si por el contrario, resulta dañada, su velocidad de crecimiento tiende a disminuir (Sutton y Harmon, 1985); es decir, algunas interacciones entre las especies resultan mutuamente provechosas, otras tienen efectos mixtos, y otras más resultan mutuamente dañinas (Vásquez, 2001). De acuerdo con Emmel (1975) existen tres tipos básicos de relaciones interespecíficas: simbiosis (que incluye el comensalismo, el mutualismo y el parasitismo), competición y depredación. Así, el comensalismo tiene lugar cuando una de las especies se beneficia de la asociación, pero sin que la otra especie resulte afectada. Un ejemplo típico es el caso del tiburón y la rémora, donde las rémoras se adhieren al tiburón, y cuando éste captura y se alimenta de algunos peces, los restos no aprovechados por él son ingeridos por las rémoras. De esta forma, el tiburón obtiene su alimento y las rémoras se benefician de los restos sin afectar en nada al tiburón. En el mutualismo, las dos especies se benefician de la relación, por ejemplo los líquenes que son asociaciones entre algas unicelulares y hongos. Mediante la fotosíntesis, las algas proporcionan el alimento elaborado que requieren ambas especies, en tanto que las hifas del hongo proporcionan sustrato para las microalgas y retienen la humedad y elementos nutritivos minerales que ambas especies pueden aprovechar. En el parasitismo, una de las

especies, la parásita, se beneficia, en tanto que la otra, la hospedante, resulta perjudicada, como en el caso de las amibas en el tracto digestivo del hombre, las cuales reciben nutrientes pero llegan a perforar las cavidades digestivas ocasionando un grave daño a la salud de éste.

La competencia, en sentido ecológico, es una lucha entre organismos por alimento, espacio, pareja o algún otro recurso limitado. En la competencia al interior de la especie; es decir, competencia intraespecífica, la lucha es entre individuos de la misma especie. Esta es común entre todas las especies cuya población crece en un medio ambiente limitado. En la competencia entre especies, o competencia interespecífica, la lucha es entre las poblaciones de dos de ellas. La base de estas luchas se ha expresado como el Principio de Gause o de exclusión competitiva, que dice que dos especies no pueden ocupar el mismo nicho simultáneamente (Odum, 1972; Emmel, 1975; Vásquez, 2001), y si dos especies que ocupan el mismo nicho llegan a estar juntas en el espacio y el tiempo, se produce extinción o exclusión competitiva o desplazamiento de caracteres (Emmel, 1975).

La depredación es un acto o comportamiento en el que un individuo, el depredador, caza, mata y/o consume todo o parte de otro individuo, la presa (Emmel, 1975). La depredación tiende a reducir el tamaño de la población de la especie depredada (Odum, 1972) generando ciclos poblacionales tanto de la especie depredada como de la especie depredadora. Tanto los animales carnívoros como herbívoros son depredadores. En la naturaleza hay muchos ejemplos de organismos envueltos en una interacción de depredación (Emmel, 1975). Así, los depredadores pueden ser

consumidores primarios si se alimentan de vegetales (herbívoros) y secundarios o terciarios si se alimentan de un consumidor de primero o segundo orden (carnívoros) respectivamente (Vásquez, 2001). La depredación no es necesariamente “nociva” para la población presa, a pesar de que ésto disminuye su tasa de crecimiento (Odum, 1972; Sutton y Harmon, 1985); al contrario, para una población, el efecto que causan los depredadores es en cierta forma beneficioso porque elimina parcialmente a miembros de esa población depredada e impide la sobrepoblación (Vásquez, 2001). En la naturaleza, la relación presa-depredador se desarrolla en una serie de ciclos, en los cuales la elevación de la población del depredador determina una disminución en la población presa, ya que el depredador consume un número progresivamente mayor de presas. Al disminuir la cantidad de presas, el depredador obtiene cada vez menos alimento y consecuentemente su población declina, permitiendo de esta manera que resurja nuevamente la población presa (ver Fig. 1). Si la depredación nunca destruye completamente la población presa y si la inanición no elimina al depredador, este ciclo puede continuar indefinidamente (Sutton y Harmon, 1985); aunque el proceso se hace más complejo cuando los depredadores se nutren con varios tipos de presas: en estos casos, el depredador puede consumir una presa más fácil de atrapar que la otra, mientras que esta última aumenta en número. Debido a ésto, la población de un depredador no siempre declina después de la disminución de una presa.

Desde el punto de vista de la selección natural, la depredación elimina a los individuos peor dotados o enfermos y promueve así la permanencia de los más fuertes o mejor dotados, lo que finalmente favorece a toda la población en su conjunto; además, los depredadores cumplen la función ecológica de poder actuar como un medio importante

para mantener la población presa dentro de los límites de su fuente alimenticia (Emmel 1975; Carrera y Lafón, 1999).

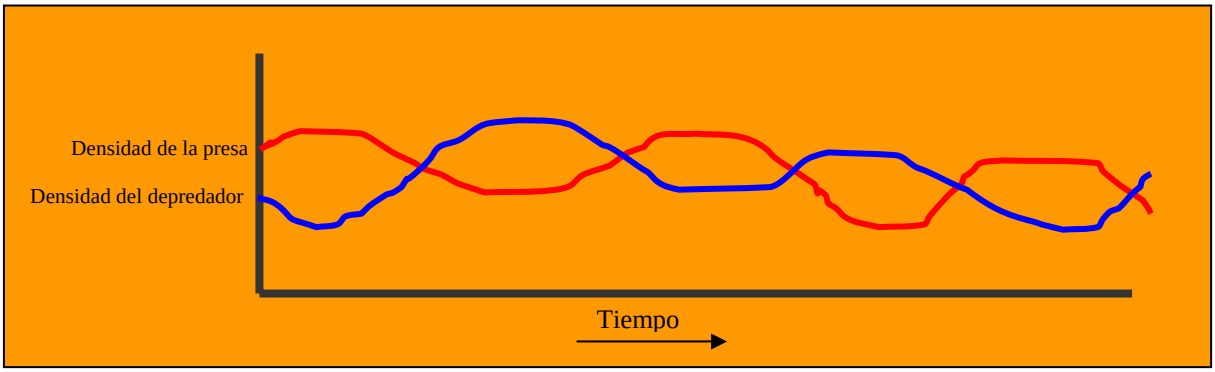


Figura 1. Variaciones cíclicas de la densidad poblacional del depredador y la presa.

Dependiendo del medio ambiente en que se desenvuelven, tanto los animales terrestres como marinos, así como algunas especies vegetales, tienen una amplia variedad de mecanismos de depredación: desde el simple ramoneo que hacen los animales herbívoros sobre el pasto o arbustos, o la sencilla captura de larvas sobre el suelo o sobre las ramas de plantas que realizan varias especies de aves, hasta los mecanismos de caza sigilosa y en equipo que llevan a cabo algunos felinos, pasando por las plantas que capturan presas de insectos vivos que se posan en sus hojas, cerrando éstas como una trampa de acero (Emmel, 1975). Evidentemente, las especies presa también han desarrollado diversos mecanismos para evadir o librarse de la depredación, de manera que en la relación de depredador-presa que ha existido durante miles o millones de años, la coevolución; es decir, esencialmente ajustes

evolutivos simultáneos en cada una de las especies, reduce a un grado mínimo los efectos negativos sobre la especie presa.

El estudio de la relación interespecífica de la depredación, ha establecido que en el caso de los depredadores que cazan, la habilidad de éstos está relacionada tanto con el tiempo de búsqueda como con el tiempo de persecución (Odum, 1972; Carrera y Lafón, 1999). Estos periodos pueden variar: ser cortos para conseguir presas de tamaño pequeño, o bien involucrar un tiempo de búsqueda corto pero con un tiempo de persecución largo si el depredador pretende asegurar una presa grande (Smith, 1977). Begon y Mortimer (1986) señalan que dentro de la depredación existen componentes que son básicos, tales como: 1) Eficiencia, que incluye como elementos el tiempo que el depredador invierte en la persecución y hasta que alcanza a la presa, el tiempo de alimentación, el tiempo que dedica a descansar y el tiempo de digestión; 2) Búsqueda de la presa, cuyos elementos son la distancia máxima para el ataque sobre la presa, la rapidez de movimientos del depredador y la presa, y el interés del depredador por obtener la presa; 3) Seguimiento, es decir, el tiempo que invierte el depredador en tratar o dar alcance a la presa. Este tiempo por lo general es directamente proporcional al tamaño de la presa (Smith, 1977); 4) Éxito de captura, que se refiere al número de aciertos u ocasiones en que un depredador logra atrapar su presa posterior a la búsqueda y al tiempo de seguimiento o persecución.

Los depredadores animales que cazan, tienen ciertos requerimientos de energía que sólo pueden ser cubiertos a través de cacerías de mayor recompensa; por ello, no se esfuerzan en presas demasiado pequeñas a menos que la presa pueda capturarse

rápidamente y exista en abundancia (Odum, 1972; Carrera y Lafón, 1999). Asimismo, aunque estos depredadores tengan cierta preferencia por una especie en particular, en tiempos de escasez suelen optar por otras especies que, aunque de menor recompensa, son más abundantes (Vaughan, 1988).

De lo anterior se desprende que el éxito del animal depredador sobre su presa depende de factores principales tales como el mecanismo de depredación, abundancia de presas, y mecanismos de respuesta de la presa ante la presencia del depredador.

El presente trabajo aborda aspectos ecológicos y etológicos relacionados con la depredación que realiza la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre el zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*) y sobre larvas de *Ephydra sp*. (mosca de la salmuera) en la salina de Guerrero Negro, B.C.S., así como su comportamiento de alimentación derivado de la disponibilidad de alimento que le proporcionan los operadores de la maquinaria pesada que trabaja en los vasos de producción de sal de esa salina.

La gaviota occidental es una especie abundante en las costas de California y Oregon, así como en la costa oeste de la península de Baja California (Kaufman, 2005). Siempre se encuentra asociada a hábitats marinos o estuarios. Exhibe actividad diurna y es altamente móvil. Ocupa islas costeras, riscos, puertos, bahías, bocas de ríos y basureros (Harvey, 2003). En la salina de Guerrero Negro, B.C.S. sus mayores números se ubican en el vaso 1, en las proximidades del sitio de bombeo de agua de mar, y en menores números en los vasos 2 a 9 (Peralta, 2002). Esta ave requiere áreas protegidas tales como zonas rocosas en las playas, islas o playas remotas para pasar

la noche (Harvey, 2003). De acuerdo con este autor, la gaviota occidental anida en una amplia variedad de hábitats que ofrecen protección contra depredadores terrestres, incluyendo zonas rocosas costeras o islas, riscos, y ocasionalmente estructuras construidas por el ser humano como los diques de las salinas, puentes o barcos anclados. En islas alejadas, prefieren áreas planas o gradualmente inclinadas como sitios de anidamiento.

El zambullidor orejudo, por otra parte, se ubica dentro de las especies de aves más halofílicas del mundo, y se distribuye circumpolarmente en el hemisferio norte, aunque también mantiene poblaciones pequeñas en Africa y Sudamérica (Jehl, 1988). Su población total se estima en 5 millones de individuos, de la cual 2.5 millones pertenecen a la población de Norteamérica (Jehl 1988). En esta última región su rango de distribución abarca la parte más norteña de las Grandes Planicies y de la Gran Cuenca (AOU, 1983) donde se distribuye abundantemente en lagos abiertos de baja alcalinidad (Faaborg, 1976). Lagos de alta salinidad así como salinas comerciales se sabe que son sitios de concentración estacional (Williams, 1985), encontrándose las mayores concentraciones de estas aves en Mono Lake, California, Salton Sea, California, y Great Salt Lake, Utah. Al inicio del invierno, migran hacia el sureste de California y hacia la parte central del Golfo de California en México. (Jehl, 1988).

En el primero y segundo caso, se cumple el propósito de determinar el mecanismo de depredación que exhibe la especie depredadora sobre las presas, y la respuesta conductual del zambullidor orejudo, así como el determinar algunos factores

involucrados en esta relación interespecífica; y, finalmente, profundizar en el conocimiento del forrajeo de *Podiceps nigricollis* en ese ecosistema.

En los tres casos anteriores, en lo que se refiere a etología, se aprecia un comportamiento animal conocido como Comportamiento Complejo (Manning, 1972). De acuerdo con este autor, existen dos enfoques principales para el estudio del comportamiento animal: el enfoque fisiológico y el enfoque psicológico. El primero basa su interés en los mecanismos neurofisiológicos del individuo o especie, que hacen que éste o ésta despliegue determinada conducta en términos del funcionamiento de su sistema nervioso. Por su parte, el enfoque psicológico se centra en el comportamiento o conducta misma, estudiando diversos factores del medio ambiente del individuo o especie de que se trate, estudiando también su historia, que afectan el desarrollo y desempeño del comportamiento exhibido. Este trabajo de tesis aborda, en los tres casos, sólo este último enfoque.

Además de contribuir al conocimiento de la ecología de las aves de la salina que se encuentran en este humedal artificial (Peralta, 2000; Peralta, 2002) así como al conocimiento de su etología, junto con los demás estudios realizados sobre las aves en dicho ecosistema (Carmona y Danemann, 1998; Carmona y Danemann, 2000; Danemann y Carmona, 2000; Peralta, 2000; Peralta, 2002; Danemann *et al.,* 2002) el presente trabajo contribuirá tanto a comprender el funcionamiento de la salina como humedal artificial como a fortalecer el manejo y conservación de la avifauna en esa área. Adicionalmente, debido a la importancia social y económica de la salina de Guerrero Negro en la región y para el país, es recomendable estudiar sus distintos

componentes para contar con mayores elementos de conocimiento científico que sirvan de apoyo a la toma de decisiones para sus operaciones, que pudieran repercutir en el corto, mediano o largo plazo en la conservación de las aves.

El presente trabajo se llevó a cabo en la salina de Guerrero Negro, B.C.S. (Fig. 2) cuya dueña es la empresa paraestatal Exportadora de Sal, S.A. de C.V. Esta salina produce sal común (cloruro de sodio) mediante evaporación solar de agua de mar utilizando energía solar, en un sistema de vasos poco profundos interconectados, adyacentes a la laguna Ojo de Liebre. Estos vasos incrementan la salinidad del agua de mar, produciéndose salmuera (Scott, 1970), que fluye a través de compuertas de un vaso a otro (Bremer, 1983). Cada vaso mantiene una salinidad constante a lo largo del año, creando cada uno un subsistema biológico característico (Davis, 1980). Diversos organismos especializados y adaptados a altas salinidades viven en estos subsistemas: algas verdes, cianobacterias, protozoarios ciliados como *Fabrea salina*, el camaroncillo de salmueras *Artemia salina*, insectos acuáticos como *Ephydra* sp. y *Tricocorixa* sp., y copépodos como *Cletocampos dietersi*, entre otros (Scott, 1970; Davis, 1980; Javor, 1989; Farmer, 1992). En el primero de los vasos de concentración, se encuentran 18 especies de peces, tres especies de crustáceos y tres especies de moluscos (Peralta**,** 2002).

La salina de Guerrero Negro, B.C.S., se localiza dentro de la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno, en la porción media occidental de la península de Baja California, hacia la margen este de la Laguna Ojo de Liebre, en las coordenadas 28º00’00” N, 113º50”00” W y 27º25’00” N y 114º10’00” W. Políticamente es parte del municipio de Mulegé

(INEGI, 1995). Consta de 30,000 hectáreas que conforman 17 estanques de evaporación, y 3,000 hectáreas de estanques o vasos de cristalización. Está rodeada por tierra firme en los puntos cardinales sur, norte y este. Posee laderas y prominencias espaciadas de terreno arenoso, que varían de 5 a 10 metros de altitud, pero la mayor extensión es prácticamente plana permitiendo la vista de varios kilómetros de terreno virtualmente plano (Engeo Inc., 1992). El sitio de estudio colinda al oeste con la Laguna Ojo de Liebre.

La geología del área de estudio está determinada por la Cuenca de Vizcaíno, una de las tres regiones geológicas diferenciadas en la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno (Padilla *et al*., 1991). La Cuenca de Vizcaíno cubre la parte central de la Reserva de la Biósfera y contiene sedimentos principalmente de origen marino. Esta cuenca fue originada por una emersión generalizada a fines del Cretácico, que generó un mar somero limitado al norte por un alto estructural del grupo Alisitos y al noroeste-suroeste por el complejo Cedros-Vizcaíno (Padilla *et al*., 1991). El aporte de sedimentos de estas dos fajas orogénicas produjo materiales de relleno durante casi todo el Terciario. Los depósitos minerales de la Cuenca de Vizcaíno están limitados a los yacimientos evaporíticos del Holoceno en la salina de Guerrero Negro (Padilla *et al*., 1991).

La región carece de ríos y de arroyos efímeros o permanentes. La Laguna Ojo de Liebre, cuerpo de agua con el que colinda el área de estudio, forma parte del complejo lagunar Manuela-Guerrero Negro-Ojo de Liebre, y los tres cuerpos de agua se interrelacionan a través de la Bahía de Sebastián Vizcaíno, donde desembocan (Contreras, 1993).

En las proximidades de los vasos de evaporación del área, se presentan capas de arcillas marinas bajo el nivel del mar. Localmente, sedimentos del terciario afloran en la superficie de las proximidades de Guerrero Negro, sugiriendo una profundidad variable de la roca madre y del espesor del aluvión (Engeo Inc., 1992). Los suelos y subsuelos del área de estudio consisten de arena con sílice y trazas de grava. La arena es color café claro en la superficie, y color blanquizca a gris muy claro en las capas superficiales. La consistencia de la arena varía de densa media a muy densa. En general, el suelo es muy seco en la superficie aunque la humedad se incrementa con la profundidad. No se encuentran mantos freáticos aprovechables (Troyo-Diéguez y Maya, 1991). Los suelos presentan en general las características que definen los suelos de zonas áridas: arenosos, claros, pH básico, bajo contenido de materia orgánica (Troyo-Diéguez y Maya, 1991). El régimen climático en el que se forman tiene una evapotranspiración potencial que sobrepasa notoriamente los volúmenes de las precipitaciones durante la mayor parte del año, trayendo como consecuencia la escasa o nula infiltración de agua en el subsuelo (Buol *et al.,* 1981).

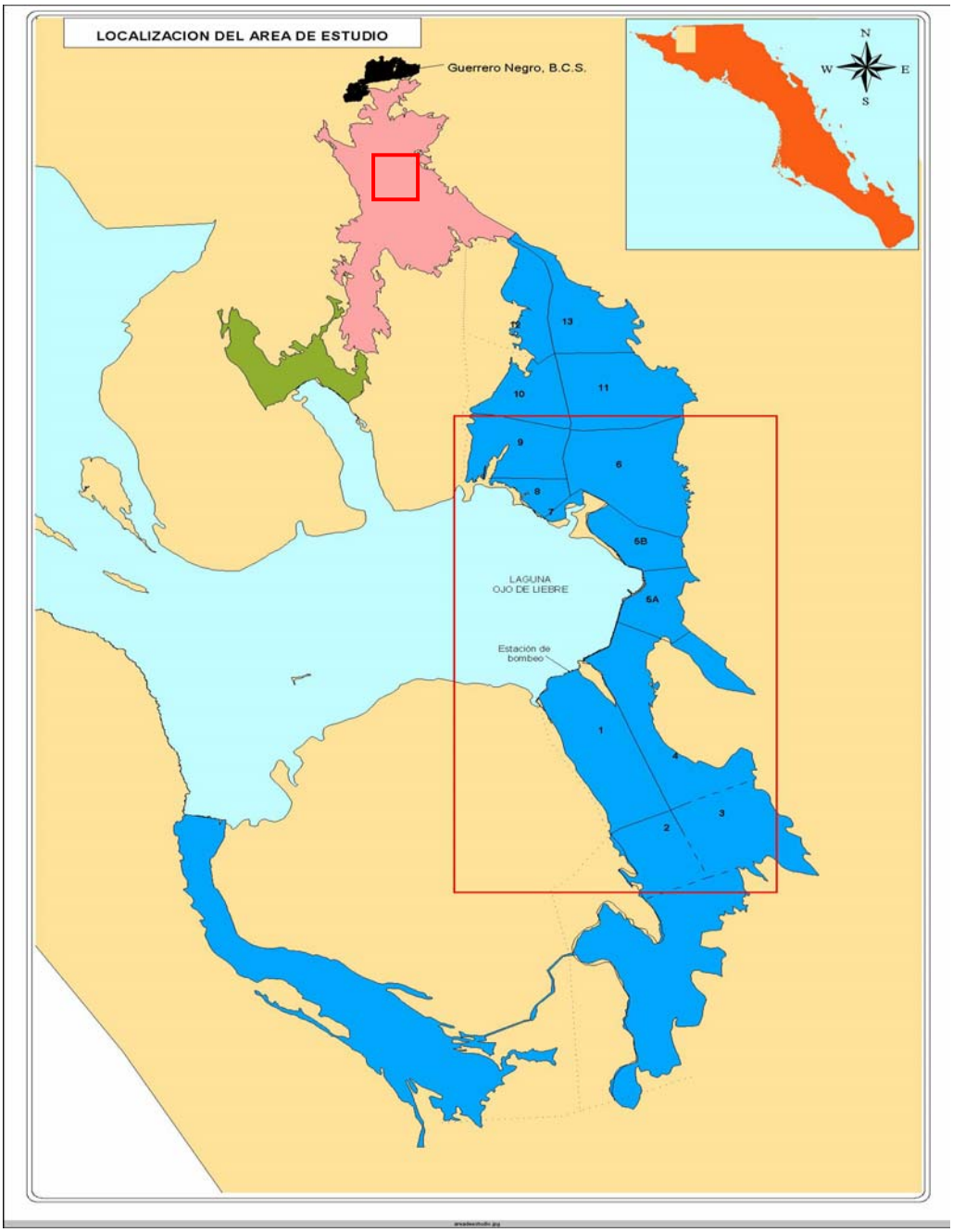


Figura 2. Localización del área de estudio (recuadros rojos).

De acuerdo con las unidades del suelo del sistema de la FAO/UNESCO, toda el área aledaña al sitio de estudio presenta un suelo del tipo solonchack y en menor proporción regosol y xerosol (INEGI, 1995), es decir, suelos jóvenes y de poco desarrollo, de color

claro debido al poco aporte de materia orgánica, cuya característica principal es la presencia de sales o la presencia de un horizonte sálico. El suelo colindante al área estudio se considera un suelo pesado de textura arenosa. (Troyo-Diéguez y Maya, 1991).

En el área de estudio predomina el clima BWhs(x')(e) (García, 1964), que se define como muy seco, semicálido, con temperatura media anual entre 18 y 22 ºC, con régimen de lluvia intermedio, porcentaje de lluvia invernal menor de 36 y oscilación térmica extremosa.

El área de estudio está permanentemente inundada, por lo que propiamente la vegetación está presente sólo en el vaso uno, donde la cobertura vegetal está dada por manchones de *Ruppia maritima* y una pequeña zona con algunas especies de macroalgas (*Ulva* sp. y otras). Debido al gradiente de salinidad que se presenta en la salina, cada estanque de evaporación posee una biota particular y un tapete microbiano en el fondo constituido por microalgas (diatomeas, y cianobacterias como *Spirulina sp., Oscillatoria sp., Coccochloris elabens, Lyngbia sp.*) (Javor, 1989; López-Cortés, 1991). La vegetación de la parte correspondiente a la tierra firme en el punto cardinal este, es matorral halófilo (León de la Luz *et al.,* 1991). En esta asociación vegetal se agrupan especies con amplia tolerancia a la salinidad y alcalinidad del suelo, como *Atriplex canescens, Lycium californicum, Frankenia palmeri y Euphorbia misera* (León de la Luz *et al*., 1991). La parte oeste, que colinda con la Laguna Ojo de Liebre, posee una vegetación típicamente costera con dominancia de *Spartina foliosa* y presencia de *Salicornia pacifica* (León de la Luz *et al*., 1991).

En el vaso 1 del sitio de estudio se encuentran 18 especies de peces, tres especies de moluscos y tres especies de crustáceos. La salina en su totalidad alberga 73 especies de aves acuáticas, y cuatro especies de mamíferos: coyote (*Canis latrans*), zorra (*Vulpes macrotis*), tejón (*Taxidea taxus*) y liebre (*Lepus californicus*), 18 especies de peces, al menos tres especies de crustáceos y tres especies de moluscos (Peralta, 2002) y en sus vasos de alta salinidad se desarrollan especies como *Fabrea salina*, *Artemia salina*, *Ephydra* sp, *Tricocorixa* sp. (Peralta, 2000) y *Cletocampos dietersi* (Farmer, 1992).

De acuerdo con Saunders y Saunders (1981), la región de la laguna Ojo de Liebre es una área clave para las aves migratorias acuáticas que utilizan la ruta del Pacífico y para algunas especies de la ruta Central. El complejo lagunar Guerrero Negro-Ojo de Liebre, es uno de los cuatro humedales en la costa occidental de la península de Baja California (Saunders y Saunders, 1981). En términos de la composición de especies y del tamaño de las poblaciones de aves acuáticas, este complejo es uno de los más importantes en la costa del Pacífico de Norteamérica (Page y Palacios, 1993; Massey y Palacios, 1994). Constituye además una de las áreas de mayor concentración de aves playeras invernantes (Page y Palacios, 1993), de patos y gansos (Bellrose, 1978), y de reproducción de numerosas especies de aves acuáticas (Everet y Anderson, 1991) en la penísula de Baja California. La laguna Ojo de Liebre es considerada también como una zona de importancia para las aves (ICBP, 1992) y patrimonio mundial de la humanidad desde 1993 (UNESCO, 1994).

En esta salina se presenta una rica y abundante avifauna acuática tanto migratoria como residente (Massey y Palacios, 1994; Carmona y Danemann, 1998; Peralta, 2000; Peralta, 2002), sobre la cual existen pocos estudios y prácticamente es nula la información acerca de relaciones de depredación entre aves en estos ecosistemas, tanto en la salina bajo estudio como en el resto de las salinas del mundo. En la mayoría de los estudios en salinas que se refieren a algún o algunos elementos que integran sus ecosistemas, las aves sólo se mencionan como un elemento más (Carpelan, 1953; Davis, 1974, 1980; Britton y Johnson, 1987). Recientemente, otros autores ponen en relevancia las aves dentro de dichos humedales (Carmona y Danemann, 1998; Peralta, 2000) pero aún sin el contexto de las relaciones interespecíficas.

Entre los aspectos estudiados, Carmona y Danemann (1998) hacen la primera descripción de la composición específica, distribución, abundancia y uso que dan las aves a la salina de Guerrero Negro, B.C.S. Carmona y Danemann (2000) presentaron las abundancias temporales de cuatro especies de Pelecaniformes (pelícano blanco, *Pelecanus erythrorhynchos*; pelícano pardo, *Pelecanus occidentalis*; cormorán de doble cresta, *Phalacrocorax auritus*; y cormorán de Brandt, *Phalacrocorax penicillatus*) en la salina de Guerrero Negro, Baja California Sur, durante un ciclo anual, y registraron que esos organismos se distribuyeron preferentemente en las áreas con menor salinidad dentro de la salina, excepto en aquellas zonas utilizadas como posaderos. Estos mismos autores documentaron que 10 especies de aves acuáticas anidan en dicha salina. Peralta (2000) examinó el papel de un humedal artificial para la conservación de las aves acuáticas en la salina de Guerrero Negro, y reportó que 73 especies de aves acuáticas acuden a los vasos concentradores de la salina de Exportadora de Sal.

Danemann *et al*. (2002) describen la composición, abundancia estacional y cronología de la migración de aves playeras en la salina de Guerrero Negro, señalando que este humedal artificial es uno de los hábitats más importantes de la península de Baja California para las aves playeras migratorias, superada sólo por las lagunas Ojo de Liebre y San Ignacio, y como reconocimiento a esta significancia, la salina fue declarada en el año 2000 “Sitio de Importancia Internacional” por la Red de Reserva de Aves Playeras del Hemisferio Norte. Peralta (2002) determinó los patrones ecológicos de 13 especies de aves acuáticas residentes de la salina de Guerrero Negro, B.C.S. y su relación con variables ambientales.

Entre otros estudios relacionados con el tema y realizados en otros sitios, destacan el de Arengo y Baldassarre (1998) quienes determinaron las fuentes potenciales de alimento disponible para los flamingos (*Phoenicopteros ruber ruber*) en la salina de Las Coloradas, Yucatán, México, y monitorearon el uso y comportamiento de estas aves en este sitio durante un ciclo anual. Britton y Johnson (1987) documentaron un estudio integrado a partir de varios estudios llevados a cabo en la salina de Giraud en Francia y cómo utilizan en general la salina las aves acuáticas en relación con algunos factores ambientales. Por su parte, Carpelan (1953) investigó en la salina Alviso, en la Bahía de San Francisco, los factores ambientales como precipitación, temperatura ambiente, salinidad de los vasos, pH, oxígeno disuelto, concentraciones de fósforo y nitrógeno de la salmuera, y menciona la existencia de diversos organismos, pero con respecto a las aves, sólo menciona registros casuales de 12 especies. Davis (1974, 1980) menciona que cada salina posee algún tipo de ecosistema, delinea los principios generales que lo constituyen, y concluye que el grado de equilibrio del ecosistema está directamente

relacionado con la calidad y cantidad de sal producida en la salina; sobre las aves, menciona solamente que son importantes porque aportan elementos nutricionales, necesarios para la existencia de las microalgas existentes en los vasos de evaporación. Scott (1972) hace referencia a los tipos de ecosistemas hipersalinos y menciona la existencia de las adaptaciones a la osmorregulación que tienen que desarrollar los organismos para sobrevivir en un medio salino extremo. No hace referencia a las aves.

Al Deen (1972) estudió las características de salinidad y viscosidad de las salmueras, además las microalgas presentes, en Araya, Venezuela. Tampoco hace referencia a las aves. Sammy (1983), quien tampoco aborda el tema de las aves, estudió los factores físicos, químicos y biológicos que se relacionan con fenómenos de producción de salmueras "blanquizcas" y mortalidad masiva de *Artemia salina*, así como incrementos de la viscosidad de éstas, que conduce a la producción de sal fina. Javor (1983) estudió dos casos sobre lo que llama "Nutrientes y Ecología de las Salmueras de las Salinas de Western Salt (San Diego, California), U.S.A., y la salina de Exportadora de Sal (B.C.S., México)". Hizo una comparación entre los resultados de viscosidad, concentraciones de proteína particulada, clorofila-a, fosfato, amoniaco y nitrato de las dos salinas. No estudió las aves ni estableció relaciones de interdependencia entre los microorganismos y los organismos superiores. También Javor (1989) hace una descripción general de los microorganismos de las salmueras y procesos biogeoquímicos de los ambientes hipersalinos, mientras que Rahaman *et al*. (1993) investigaron los factores fisicoquímicos y biológicos de la salmuera de dos salinas en la India, pero ninguno estudió las aves.

Hasta el momento, no se ha encontrado ningún trabajo que presente un estudio enfocado hacia el conocimiento de las relaciones interespecíficas de depredación entre aves acuáticas de una salina, ni la etología envuelta. No obstante la relevancia que tiene la salina de Guerrero Negro para las aves acuáticas, el número de investigaciones relacionadas con este componente de la biodiversidad es realmente escaso; y también nulo en lo que se refiere a la depredación entre aves acuáticas. En la naturaleza hay muchos ejemplos de organismos envueltos en interacciones de depredación (Emmel, 1975). En el caso de las gaviotas, éstas son omnívoras (Peterson y Chalif, 1998) ya que pueden utilizar una amplia variedad de alimento, como organismos intermareales, insectos y peces (Hunt y Hunt, 1976) y forrajea sobre aguas abiertas. Sus requerimientos de agua probablemente son satisfechas por la comida, sin embargo es capaz de tomar agua salada (Schmidt-Nielsen, 1975). En la superficie del agua se alimenta sumergiendo el pico y atrapando a su presa (Harvey, 2003). Este autor puntualiza que las gaviotas occidentales se alimentan de invertebrados en zonas intermareales; en islas donde anidan aves se alimenta de sus huevos y polluelos; y se alimentan también en una amplia variedad de hábitats, incluyendo basureros, muelles, playas y en las cercanías de botes de pesca. De acuerdo con Brockman y Barnard (1979) y Thompson (1986), las gaviotas son cleptoparásitos comunes de otras aves, puesto que roban la comida a zambullidores, pelícanos, golondrinas de mar, etc., donde la reacción de la víctima a un intento de robo de la comida generalmente es la evasión, pudiendo resultar en que ésta suelte la comida, la cual es tomada por la gaviota. La mayoría de los reportes de dietas en gaviotas, enfatizan su actividad de forrajeo sobre varias presas más pequeñas que su tamaño (Tinbergen, 1960; Hunt y Hunt, 1976). Según Harris (1980) y Chura (1962), se sabe que algunas especies de gaviotas se

alimentan de aves tan grandes como frailecillos y patos. Sin embargo, no se sabe si las presas fueron atrapadas por las gaviotas o consumidas por ellas después de haber muerto por otras causas. Dunning (1988) encontró que la depredación por gaviotas grandes sobre adultos de otras especies puede ser común sólo en colonias reproductoras, y documentó un incidente ocurrido en Puerto Lobos, Sonora, donde una gaviota patas amarillas (*Larus livens*) mató un adulto de zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*). Sin embargo, no observó el resultado final de tal ataque, porque la gaviota recogió el zambullidor por el cuello y se lo llevó lejos de su vista. Dunning (1988) sugiere que ese ataque fue depredatorio. En Mono Lake, California, donde se localiza una de las concentraciones de zambullidores orejudos más grandes del mundo, Jehl (1988) no encontró ninguna interacción interespecífica entre gaviotas y los zambullidores, aunque éstos se mostraban cautelosos de las gaviotas de California (*Larus californicus*) y se sumergían si alguna sobrevolaba sus cabezas. Caudell y Conover (2000), que trabajaron sobre la ecología de los zambullidores orejudos en el Gran Lago Salado, Utah, donde también se encuentra otra gran concentración de zambullidores orejudos, no mencionan ninguna interacción interespecífica entre estas aves y las gaviotas.

En la salina de Guerrero Negro, B.C.S., las gaviotas occidentales se alimentan de pequeños peces, pollos de aves, huevos y pedazos de materia orgánica (ESSA, 2000). En el vaso 1, frecuentemente recibe restos de comida que desechan los operadores del sistema de bombeo de agua de mar que se encuentra en esta zona (obs. pers.).

Los estudios realizados por Jehl (1988) en Mono Lake, California, donde se congregan alrededor de 750,000 zambullidores orejudos, indican que aquí la alimentación de esta ave está constituida por moscas de salmuera (*Ephydra hians*) durante el verano, y por el camaroncillo de salmuera (*Artemia monica*) el resto del año. En otoño, el 98% de su dieta comprende *Artemia monica*, pudiendo llegar a consumir 60 a 100 toneladas de este organismo diariamente. Estas aves satisfacen sus requerimientos de agua a partir de los fluidos vitales de sus presas. A través de todo su rango de distribución, los zambullidores orejudos se alimentan de invertebrados que viven en el fondo de cuerpos de agua, y completan su alimentación comiendo en la superficie (Jehl 1988). De acuerdo con los estudios referidos, sus técnicas de forrajeo en Mono Lake incluyen buceos (que duran en promedio 24 segundos) para despegar con su pico las larvas y pupas de la mosca de salmuera adheridas al sustrato, y para capturar *Artemia monica* que nada libremente. En verano y otoño, cuando el alimento en la capa superior del lago es abundante, la alimentación en superficie predomina. Para esto, el zambullidor come a “picotazos” repetidos muy continuos. En el caso de que se sienta amenazado y el zambullidor pretenda evitar ser capturado, sus inmersiones pueden durar hasta 60 – 90 segundos (Jehl, 1988).

El zambullidor está presente en la salina durante nueve meses del año (Carmona y Danemann, 1998; Peralta, 2000), alcanzando 14,000 individuos en febrero y marzo 1996 (Carmona y Danemann, 1998) y cerca de 16,500 individuos en febrero de 1998 (Peralta, 2000), los cuales son parte de la migración de esta especie desde las poblaciones de América del Norte, que utilizan la salina de Guerrero Negro como área de invernación (Carmona y Danemann, 1998).

Por otro lado, siendo la depredación de la gaviota occidental sobre el zambullidor orejudo un fenómeno de relación interespecífica no documentado en la literatura hasta el momento, mucho menos es conocido el comportamiento y los factores que intervienen en esta depredación. Por este motivo, el presente trabajo también abordó el estudio de varios factores ecológicos, como la salinidad de la salmuera, la perturbación y disponibilidad de presas, que pudieran estar asociados a la depredación de las gaviotas occidentales sobre los zambullidores orejudos.

2. HIPOTESIS

Existe una relación interespecífica de depredación entre las especies *Larus occidentalis* y *Podiceps nigricollis*, que exhibe un mecanismo de depredación similar al que se presenta en la naturaleza en otras especies dentro del reino animal, con variantes propias de las dos especies de aves involucradas, donde presumiblemente interviene además algún o algunos factores propios de la salina de Guerrero Negro, B.C.S., que podrían contribuir a que dicha relación interespecífica se lleve a cabo. Asimismo, la salina es un sitio importante de forrajeo para la población invernante de *Podiceps nigricollis.* Además, existen otros mecanismos o comportamiento animal que exhibe *Larus occidentalis* para alimentarse dentro de dicha salina.

3. OBJETIVOS

1. Contribuir al conocimiento de las relaciones interespecíficas que se presentan en aves de ecosistemas salinos.
2. Documentar a través de la presente investigación, un nuevo caso de depredación y su mecanismo, el cual ocurre entre *Larus occidentalis* y *Podiceps nigricollis*, no registrado en la literatura.
3. Determinar los factores que afectan la depredación de *Larus occidentalis* sobre *Podiceps nigricollis* en la salina de Guerrero Negro, B.C.S.
4. Contribuir al conocimiento de la actividad alimenticia de la población migratoria de *Podiceps nigricollis* en la salina.

6.- Determinar y documentar otros mecanismos de depredación y alimentación, aún no registrados en la literatura, que exhibe *Larus occidentalis* en la salina de Guerrero Negro.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Determinación de un nuevo caso de depredación

Se consultó la información del banco de información del CIBNor, S.C., y se buscó en diversas bases de datos.

Asimismo, se buscó información referente a aspectos de depredación de *Larus occidentalis* sobre *Podiceps nigricollis* en las bibliotecas del CIBNor, UABCS y CICIMAR.

4.2. Etología en la depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre el zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*).

Se realizaron recorridos en carro mensualmente sobre los diques de la salina, desde de las 07:00 horas hasta las 17:00 horas, de diciembre 2002 a junio 2003, con el propósito de encontrar interacciones, es decir acciones donde *Larus occidentalis* estaba depredando o perchadas para depredar a *Podiceps nigricollis*. En los sitios donde se encontraron estas interacciones y se observó a la gaviota occidental posada sin movimiento mientras veía un grupo de zambullidores orejudos alimentándose en algún vaso de la salina, se realizaron observaciones secuenciales acerca del comportamiento de las dos especies, siguiendo la metodología de Raphal (1990) utilizando binoculares de 10 x 30, tomando nota de cada maniobra o movimiento antes y durante la interacción hasta el final del

fenómeno de depredación, cuando el depredador se alejaba volando una vez que se había alimentado de su presa.

Se registró la hora en la que una o más gaviotas occidentales fueron encontradas cercanas a un grupo de zambullidores orejudos, se geoposicionó y se describió su sitio de percheo, el comportamiento de los zambullidores ante la presencia de la gaviota (sumergirse, agruparse o alejarse), el tiempo y forma de acercamiento de la gaviota a los zambullidores, la respuesta de éstos al ataque del depredador. Asimismo, se registraron los tiempos, acciones de ataque, muerte y atrapado del *Podiceps* por la gaviota, la duración y forma de alimentación de ésta a partir de su presa. Se realizaron observaciones y registros de las estructuras anatómicas del zambullidor utilizadas como alimento, del resto de la parvada de *Podiceps nigricollis* una vez atrapado uno de ellos, y de la gaviota una vez que se alimentó de su presa. También se determinó la eficiencia de la depredación de *Larus occidentalis* sobre *Podiceps nigricollis*, a través del Indice de Eficiencia, según la metodología de Lambert (1943) basada en los intentos y éxitos de un organismo depredador sobre la especie depredada.

4.3. Factores ecológicos asociados a la depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre el zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*).

Se estudiaron algunos factores ecológicos como la salinidad de la salmuera, la perturbación y la disponibilidad de presas, asociados a la depredación de las gaviotas occidentales (*Larus occidentalis*) sobre los zambullidores orejudos

(*Podiceps nigricollis*), presencia o ausencia de sitios de percheo disponibles para la gaviota en relación con las parvadas de zambullidores presentes. Asimismo, se hizo un conteo de las depredaciones ocurridas en la temporada, y adicionalmente se evaluó la importancia de la disponibilidad de alimento en la salina como factor ecológico que favorece la presencia del zambullidor orejudo en este humedal artificial.

4.3.1. Número de depredaciones ocurridas en la temporada.

Para obtener el número de depredaciones ocurridas en la temporada 2002-2003, se realizaron conteos de los cadáveres de *Podiceps nigricollis* en todos los diques perimetrales de los vasos de concentración mediante recorridos a baja velocidad en cuadriciclo. Los restos de zambullidor orejudo, resultado de la depredación por la gaviota occidental, fueron fácilmente identificados debido a que la gaviota realiza sólo un pequeño agujero en el cuerpo del zambullidor a través del cual extrae todos sus órganos, músculo y grasa, dejando las piernas y patas, el cuello y la cabeza completa, así como toda la piel, la cual queda a modo de bolsa, cubierta por las plumas y conservando los huesos del ave en su interior.

4.3.2. Salinidad.

Se determinaron las salinidades promedio de cada vaso de concentración, lo cual se hizo semanalmente a lo largo de la duración del estudio. Para ello, se obtuvo una muestra de salmuera (por salmuera se entiende agua de mar de alta salinidad, obtenida por evaporación solar) siempre en el mismo sitio, ubicado en la compuerta de cada vaso, de la siguiente manera: se tomaba una muestra de salmuera en el centro de la compuerta, a media profundidad, con un frasco de plástico de un litro el cual se cerraba con su propia tapa de rosca dentro de la salmuera donde se tomaba la muestra. Enseguida, la muestra se sometía a medición con densímetro electrónico marca DMA modelo 35, fabricado en Estados Unidos. El resultado se consignaba en una libreta de campo, y al cabo del periodo de estudio, diciembre a junio, se obtuvo el promedio de salinidades para cada vaso.

4.3.3. Perturbación

Este factor se consideró como “perturbación en los diques que rodean los vasos de concentración de la salina”, causada por el tráfico de vehículos que se presenta en el sitio de estudio. Primeramente se clasificó el tráfico vehicular, dividiéndolo en “tráfico continuo”, “tráfico esporádico y “tráfico casi nulo”. El “tráfico continuo” se definió como aquel donde un dique recibe el paso de cuando menos un vehículo al menos cada tres días; “el tráfico esporádico” significó aquel donde un dique recibía el tránsito de cuando menos un vehículo al menos cada cuatro a 30 días; y, “tráfico casi nulo”, se

determinó como aquel donde el dique recibía el paso de cuando menos un vehículo en más de 30 días. La información correspondiente a cada una de estas categorías de perturbación por tránsito vehicular, fue obtenida de los registros de la Compañía Exportadora de Sal, S.A. de C.V., dueña de la salina de Guerrero Negro, B.C.S.

4.3.4. Presencia o ausencia de sitios de percheo

Se tomó nota de la presencia de sitios de percheo, tales como diques, piedras de protección de los diques y otros sustratos, que pudieran ser utilizados por las gaviotas occidentales en su actividad de depredación sobre los zambullidores orejudos.

4.3.5. Disponibilidad de presas

Se realizaron censos de *Podiceps nigricollis* y de *Larus occidentalis* mensualmente en el periodo de diciembre 2002 a junio 2003, desde un vehículo y por cada uno de los diques de los vasos de la salina, empezando a las 07:00 horas y concluyendo a las 18:00 horas. En cada censo, participaron dos personas que utilizaron binoculares de 10 x 30. Los conteos de *Podiceps nigricollis* se hicieron en cada vaso, contándolos directamente cuando eran 300 o menos, o estimando por campos de los binoculares cuando sus abundancias eran más de 300 (Peralta, 2000). Los censos de

Larus occidentalis se realizaron al mismo tiempo que se efectuaban los censos de *Podiceps nigricollis*, contando los individuos que se encontraban sobre los diques. Los resultados mensuales de cada censo para cada especie, se sumaron para obtener el total de avistamientos por vaso.

4.4. Forrajeo del zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis)*.

En el presente estudio se evaluó la ganancia en peso corporal por *Podiceps nigricollis* durante el tiempo de su estancia en la salina, así como la disponibilidad de alimento para esta ave, por lo que se determinó su peso al inicio y al final de la temporada, así como sus tipos de alimento o presas, igualmente al inicio y al final de la temporada, todo esto a través de su contenido estomacal.

4.4.1. Peso de *Podiceps nigricollis* y tipo de alimento en el estómago.

Diez zambullidores orejudos adultos capturados por gaviotas occidentales en cada uno de los vasos de concentración 4, 5A, 5B, 6 y 9 (para un total de 50) en diciembre de 2002, y 10 zambullidores en junio de 2003 también en cada uno de esos vasos para un total de 50, fueron colectados inmediatamente después de haber sido capturados, etiquetándose y registrándose número de organismo colectado, sitio, hora y fecha de colecta, y posteriormente se colocaron en hielera a aproximadamente 4 ºC. Enseguida se transportaron al laboratorio donde se pesaron y se sometieron

a disección (Work, 2000) para analizar el contenido del estómago y para tomar nota del tipo de cada alimento encontrado. Los pesos de los zambullidores se hicieron en balanza digital de 1,000 g de capacidad.

4.4.2. Estimación de la disponibilidad de alimento (densidad de presas).

Se realizaron arrastres verticales desde el fondo hacia la superficie de acuerdo a la metodología de Jehl (1988), utilizando una red planctónica de 1 m^2, con malla de 66 micras. Esto se hizo mediante muestreos puntuales sobre lancha de aluminio de 3 m con motor fuera de borda de 10 h.p. en los vasos de concentración 4 al 11, para lo cual primeramente se hizo una red de 30 cuadrados sobre el mapa de la salina con coordenadas geográficas, escala 1:50,000, para cada vaso, obteniéndose las coordenadas del centro de los vasos, las cuales fueron localizadas en campo con G.P.S. marca Garmin, modelo eMap, serie 97978353, fabricado en Estados Unidos, para realizar allí el muestreo. Las muestras se colectaron en frascos de plásticos de 200 ml. Todas las muestras se etiquetaron tomando nota del sitio, hora y fecha de colecta, y luego se fijaron en alcohol al 70%, se colocaron en cajas de plástico y enseguida se transportaron al laboratorio. Allí, las muestras de cada vaso fueron colocadas en charolas de plástico de 30 cm x 50 cm para determinar visualmente y con ayuda de lupa esteresocópica, las especies de los organismos macrozooplanctónicos y enseguida contar el número de individuos por especie.

4.5. Forrajeo y depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre larvas de la mosca de salmuera (*Ephydra sp*.).

Se identificó el sitio exacto de forrajeo y depredación de la gaviota occidental sobre las larvas de la mosca de salmuera.

Se llevaron a cabo observaciones secuenciales durante 29 horas 42 minutos, utilizando binoculares de 10 x 30, tomando registro de los tiempos, movimientos y acciones realizados por las aves al estarse alimentando sobre larvas de la mosca de salmuera (*Ephydra sp*.). Estas observaciones y registro se realizaron en el mes de mayo de los años 2004, 2006 y 2007, desde la llegada de las gaviotas al sitio de alimentación, ubicado en el dique 5A/5B (ver Fig. 3), hasta su partida.

Figura 3. Sitio de alimentación de *Larus occidentalis* (dique 5A/5B) en la salina de Guerrero Negro, B.C.S.

Adicionalmente se buscó información bibliográfica en bibliotecas, bancos de información y bases de datos.

Asimismo, con la finalidad de cuantificar el número de larvas de *Ephydra sp*. en la salmuera en el sitio de alimentación de la gaviota, se realizaron diez arrastres verticales puntuales, a una distancia de 7 m cada uno cubriendo la longitud completa del parche ($\overline{X}$=70 m; n=3) de *Ephydra sp*. presente, desde el fondo hacia la superficie, con red de 1 m^2 y de abertura de malla de 0.5 mm^2, siguiendo la metodología de Jehl (1988), recogiendo las larvas en frascos de 1000 ml de capacidad, conteniendo 700 ml de salmuera procedente del sitio de muestreo, los cuales se etiquetaron, se guardaron en hielera y se transportaron al laboratorio donde el contenido se colocó en charolas de plástico de 20 x 30 cm, correspondiendo una a cada punto de muestreo y habiendo pasado antes por un cedazo para descartar la salmuera, para enseguida proceder a contar las larvas de *Ephydra sp*.

Se obtuvieron también dos gaviotas adultas, inmediatamente después de que se habían retirado del sitio de alimentación, las cuales fueron sometidas a disección (Work, 2000) *in situ*. Se les extrajo el proventrículo y estómago a cada una y se colocaron en bolsas de plástico con cierre hermético, se etiquetaron y almacenaron en hielo dentro de una hielera. Una vez en el laboratorio, estas estructuras fueron abiertas utilizando bisturí y tijeras, colocando su contenido en charolas de plástico de 20 x 30 cm a temperatura ambiente. Se tomó el peso del contenido inmediatamente después de abrir cada proventrículo y estómago, y después cada

30 minutos, hasta que se obtuvieron pesos constantes, lo cual ocurrió una vez que habían transcurrido dos horas. El peso se determinó en balanza digital de 1,000 g de capacidad.

4.6. Alimentación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) por reflejo condicionado

Se llevaron a cabo observaciones secuenciales, durante 14 horas, de las gaviotas occidentales que arribaban al sitio donde se estaba realizando la cosecha de sal y que coincidía con la hora del “lunch” de los operadores de la maquinaria con la cual se realiza la cosecha. Estas observaciones, realizadas de acuerdo con la metodología de Raphal (1990), se hicieron durante media hora diariamente (el tiempo que duraba el “lunch”) durante 28 días. Así, se tomó nota de cada maniobra o movimiento del comportamiento de las gaviotas desde su arribo hasta el final cuando éstas se alejaban volando una vez que la maquinaria reiniciaba la operación.

Se registró la hora en la que una o más gaviotas occidentales arribaron, y se describió su sitio de percheo, la distancia aproximada del sitio de percheo al punto donde se encontraba la maquinaria, el comportamiento ante la presencia de la maquinaria y del personal operativo, agruparse, alejarse, inmutarse, huir, acercarse. Las categorías o actividades monitoreadas fueron: el tiempo y forma de acercamiento de la gaviota a los agentes mencionados, la respuesta de los operadores de la maquinaria hacia las gaviotas, el número de gaviotas que efectivamente recibía alimento a la hora del “lunch” y por lo tanto el número de

gaviotas que no lo recibía, así como el comportamiento de las gaviotas una vez que se alimentaron o que la maquinaria reiniciaba la operación de cosecha. Los registros se consignaron en una hoja-formato diseñada para tal propósito.

4.7. Análisis de la información.

4.7.1. Nuevo caso de depredación.

Se buscó algún caso registrado de depredación de *Larus occidentalis* sobre *Podiceps nigricollis*, mediante la lectura de los listados y resúmenes a partir de la búsqueda en las bases de datos descritas, en los bancos de información mencionados y en bibliotecas.

4.7.2. Etología en la depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre el zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*).

En este caso se analizó la información obtenida en campo y consignada en formatos diseñados para ello, de donde se obtuvo un promedio del tiempo empleado por la gaviota para alimentarse del zambullidor, así como cada uno de los elementos de comportamiento de las dos especies, además de las estructuras anatómicas del zambullidor que sirvieron de alimento a la gaviota. Los aspectos que no fueron consignados en el formato como elementos que pudieran repetirse, fueron tomados como notas de campo en la parte posterior de dicho formato. A partir de estos formatos y de las notas de

campo se obtuvo un resumen final del mecanismo de depredación de la gaviota sobre el zambullidor.

4.7.3. Factores ecológicos asociados a la depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre el zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*).

Se construyeron matrices de análisis, donde en la primera columna se consignó cada uno de los vasos de concentración de la salina, y en las siguientes columnas se colocó el número de zambullidores, el número de gaviotas, el número de depredaciones ocurridas por vaso, la salinidad promedio de la salmuera, la perturbación en diques, presencia o ausencia de sitios de percheo para la gaviota occidental, y la disponibilidad de alimento en la salina como presencia de presas de alimentación para el zambullidor orejudo, así como la disponibilidad de presas para la gaviota. Asimismo, se realizaron análisis de correlación (Pearson $P \leq 0.05$) para determinar la asociación de las interacciones (total de muertes de zambullidores por depredación de gaviotas en la temporada) a la disponibilidad de presas; así como análisis gráfico comparativo entre el número de gaviotas en cada vaso y el número de depredaciones, y entre la salinidad de la salmuera y el número de depredaciones ocurridas. Se utilizaron pruebas no paramétricas (χ^2) para determinar la asociación de las interacciones a la perturbación. Para llevar a cabo dichos análisis, en ambos casos se utilizó el Programa Estadístico para Computadora Statistica Versión 6.1 para Windows.

4.7.4. Forrajeo del zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*).

Se elaboró una tabla con los resultados de los pesos promedios de hembras y machos de *Podiceps nigricollis* al inicio y al final de la temporada de su presencia en la salina de Guerrero Negro, comparándose los pesos iniciales con los pesos finales. En esta tabla se registraron los tipos de alimento encontrados en el estómago de estas aves, para corroborar que los alimentos ingeridos pertenecían a las presas que se encontraban en la salina. Asimismo, se elaboró una tabla con los resultados de la densidad estimada de alimento disponible –presas- *para Podiceps nigricollis*, en los vasos 4 al 11, a partir del cálculo que relaciona el número de organismos-presa obtenidos en los muestreos y la profundidad promedio de los vasos y la superficie de la red de muestreo. Adicionalmente se realizó análisis de correlación (Pearson $P \leq 0.05$) para determinar la asociación del número de *Podiceps nigricollis* a la densidad de presas (individuos/m^3).

4.7.5. Forrajeo y depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre larvas de la mosca de salmuera (*Ephydra sp*.).

Se elaboró un listado de los conteos de larvas de la mosca de salmuera, *Ephydra sp*., por cada punto de muestreo, a partir del cual se construyó una tabla que relaciona el número de larvas por cada uno de esos puntos.

En el caso del forrajeo y depredación de la gaviota sobre las larvas de *Ephydra sp*. se analizó la información obtenida y registrada en formatos diseñados con este fin, a partir de los cuales se obtuvo el tiempo de observación, el número de gaviotas occidentales que arribaron al sitio de alimentación, sitios de percheo, la hora de llegada de éstas, aproximación al punto de alimentación, el punto de alimentación, el promedio de los tiempos empleados por la gaviota para alimentarse de las larvas, y la hora de partida. Los aspectos que no fueron consignados en el formato como elementos que pudieran repetirse, fueron tomados como notas de campo en la parte posterior de dicho formato. Con base en estos formatos y en las notas de campo se obtuvo un resumen final de los pasos que sigue el comportamiento de depredación de la gaviota sobre las larvas de la mosca de salmuera. En un formato visual (cámara fotográfica) se registraron los aspectos ilustrativos de la etología de la gaviota occidental al depredar las larvas de *Ephydra sp*.

Se registró en libreta el peso de las larvas de *Ephydra sp*. que se encontró en los proventrículos y estómagos de *Larus occidentalis*, así como el peso de esas estructuras anatómicas, haciéndose la observación de la presencia de otros contenidos alimenticios, con lo cual se elaboró una tabla para relacionarlos y obtener promedios de los pesos correspondientes.

4.7.6. Alimentación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) por reflejo condicionado.

Se elaboró un formato diseñado con el fin de registrar cada uno de los movimientos y comportamiento de la gaviota occidental, desde que arribaban al sitio de alimentación, hasta que se retiraban. Se registró la hora de arribo de las gaviotas, el sitio de percheo, la distancia aproximada del sitio de percheo al punto donde se encontraba la maquinaria, el comportamiento ante la presencia de la maquinaria y del personal operativo (agruparse, alejarse, inmutarse, huir, acercarse), el tiempo y forma de acercamiento de la gaviota a los agentes mencionados, la respuesta de los operadores de la maquinaria hacia las gaviotas, número de gaviotas que efectivamente recibía alimento a la hora del “lunch” y por lo tanto el número de gaviotas que no lo recibía, así como el comportamiento de las gaviotas una vez que se alimentaron o que la maquinaria reiniciaba la operación de cosecha.

5. RESULTADOS

5.1. Determinación de un nuevo caso de depredación

La búsqueda en el banco de información del CIBNOR mostró resultados negativos: no se encontró ningún artículo relacionado con la depredación de *Larus occidentalis* sobre *Podiceps nigricollis*. El mismo resultado se obtuvo cuando se trató de encontrar información en las bibliotecas tanto del CIBNOR como de otras instituciones de educación superior de La Paz, B.C.S. Mediante la búsqueda en las bases de datos se encontraron dos artículos que describen la depredación por gaviotas, aunque ninguno de los dos establece relación de depredación de *Larus occidentalis* sobre *Podiceps nigricollis*: el primero (Dunning, 1988), explica que la depredación por gaviotas grandes sobre adultos de otras especies puede ser común sólo en colonias reproductoras; y documentó un incidente ocurrido en Puerto Lobos, Sonora, donde una gaviota patas amarillas (*Larus livens*) mató un adulto de zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*). Sin embargo, no observó el resultado final de tal ataque, porque la gaviota tomó al zambullidor por el cuello y se lo llevó lejos de su vista. El mismo autor sugiere que ese ataque fue depredatorio. El otro artículo (Burger y Gochfeld, 1995), examina la selección de sitios de anidamiento de *Podiceps nigricollis* en una colonia de *Larus pipixcan* en Minnesota, Estados Unidos, y se sugiere que los zambullidores desarrollan comportamientos antidepredatorios contra las gaviotas de esa colonia.

5.2. Etología en la depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre el zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*).

Un promedio de 93.86 gaviotas y 7,053.71 zambullidores orejudos se encontraron en la salina en cada visita, así como 563 cadáveres de estos últimos se encontraron durante la época completa, con evidencias de haber sido depredados (Tabla I).

Tabla I. Depredaciones de *Podiceps nigricollis.*

VASOS	DEPREDACIONES DURANTE LA EPOCA (TOTAL DE MUERTES)	NUMERO DE *Podiceps nigricollis* POR VASO	NUMERO DE *Larus occidentalis* POR VASO
1	1	1,890	463
2	0	341	27
3	0	976	8
4	142	7,230	12
5A	114	11,675	51
5B	117	10,127	69
6	106	8,686	12
7	1	570	1
8	29	4,473	6
9	52	3,367	5
10	1	41	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
TOTAL	563	49,376	654
$\bar{X}$ MENSUAL TEMPORADA	80.43	7,053.71	93.86

Con respecto al comportamiento depredatorio de la gaviota sobre el zambullidor orejudo, se realizaron 35 observaciones con un tiempo promedio de 3 horas 30 minutos cada uno, totalizando 122.5 horas durante la época. En los 35 casos

analizados, donde un intento de depredación de la gaviota fue visto, la gaviota no falló: cada intento fue exitoso (Tabla II).

Tabla II. Eficiencia de la depredación de *Larus occidentalis* sobre *Podiceps nigricollis*

PERIODO	NUMERO DE INTENTOS	EXITOS	FALLAS	INDICE DE EFICIENCIA DE DEPREDACION (%)
16-21 de diciembre de 2002	4	4	0	100
13-18 de enero de 2003	5	5	0	100
10-15 de febrero de 2003	7	7	0	100
17-22de marzo de 2003	6	6	0	100
13-19 de abril de 2003	6	6	0	100
05-10 de mayo de 2003	4	4	0	100
23-30 de junio de 2003	3	3	0	100
	35	35	0	100

Descripción de la interacción:

Una o dos gaviotas llegan en la mañana (06:30 a 10:30 horas) o en la tarde (13:00 a 15:30) y se posan sobre el dique o sobre las rocas que sirven de protección a los diques, aproximadamente a 10 m o menos de las parvadas de zambullidores que se encuentran sobre la salmuera dentro del vaso. Allí, la gaviota espera sin moverse mientras observa el grupo de zambullidores. A la llegada de la gaviota, los zambullidores se alejan nadando sobre la superficie, una distancia de

aproximadamente 20 m, y allí continúan su actividad de alimentación. Después de esperar 86 minutos (n=35), la gaviota inicia un sobrevuelo por encima de los zambullidores, los cuales nuevamente se encuentran a una distancia de 10 m o menos de la gaviota. Cuando los zambullidores orejudos observan la gaviota sobrevolando sobre ellos, inmediatamente se sumergen mientras ésta permanece sobrevolando describiendo puntos semi-fijos siguiendo a los zambullidores, que nadan bajo la superficie, desde el aire a una altitud de aproximadamente 0.5 m sobre la salmuera del vaso. Los zambullidores permanecen sumergidos alrededor de 30 segundos, pero algunos emergen en 15 ó 20 segundos. En este momento, la gaviota golpea fuertemente con su pico la cabeza de uno de los zambullidores que emergieron, mientras los otros, que han emergido casi simultáneamente, nuevamente se sumergen para emerger en un área un poco más lejana. Mientras, el zambullidor atacado es sujetado por la gaviota, con su pico (Fig. 4), y llevado directamente al dique del vaso (Fig. 5) o hacia la orilla poco profunda, de donde la gaviota transporta asido aún con su pico al zambullidor, caminando, hacia el dique del vaso. Una vez en el dique, si el zambullidor aún no ha muerto, la gaviota procede a matarlo mediante golpes repetidos con su pico sobre la cabeza de su presa. Ya muerto el zambullidor, la gaviota quita las plumas de debajo de una de las alas o del dorso de éste, al nivel de los pulmones, en un área de aproximadamente 3 cm x 6 cm. Entonces, la gaviota hace una abertura de estas dimensiones en esa parte del cuerpo del zambullidor ya desprovista de plumas, y empieza a alimentarse de los órganos internos de su presa, la grasa y los músculos (Figs. 4, 5, 6 y 7). Mientras tanto, inmediatamente después de que la gaviota capturó al zambullidor, el resto de la parvada que se alejó un poco

nadando, formaron un grupo compacto sobre la superficie del vaso, y después de tres a cinco minutos continúan su actividad de forrajeo en el mismo sitio dentro del vaso. El ataque de la gaviota, desde que vuela del dique donde está posada hasta el ataque y captura del zambullidor le toma un minuto 30 segundos (n=35), y luego regresar con su presa a su sitio de percheo sobre el dique, toma 29 segundos (n=35), mientras que terminar de matarlo afuera puede tomar 3 minutos 12 segundos (n=35); y quitarle las plumas para hacerle la perforación para alimentarse de su presa, le toma a la gaviota 17 minutos 43 segundos (n=35). Si una o más gaviotas llegan cuando la gaviota depredadora se está alimentando del zambullidor cazado, aquella deja su presa y aleja a las gaviotas intrusas con una actitud amenazadora que incluye levantar las alas completamente extendidas hacia arriba, y su pico abierto.–ver Tabla III--. No se observó, en ningún caso, que la gaviota depredadora perdiera su presa vía competencia intraespecífica o interespecífica, ni tampoco enfrentamiento físico entre la depredadora y otros organismos.

Figura 4. *P. nigricollis* sujetado por la gaviota

Figura 5. *P. nigricollis* llevado al dique del vaso

Figura 6. *P. nigricollis* en terreno firme

Figura 7. *P. nigricollis* con abertura por donde la gaviota extrae órganos internos, grasa y músculos.

En el caso de que la gaviota intrusa regrese, la gaviota depredadora se lanza contra ella con la actitud amenazadora descrita, más acentuada, haciendo que aquella vuele, pero esta vez siendo perseguida en vuelo por la depredadora durante alrededor de 31 segundos (n=4), para enseguida regresar con su actividad de alimentación. Si durante esta actividad la gaviota es perturbada por un agente "externo" (por ejemplo un vehículo que vaya transitando o gente caminando cerca de ella), vuela alejándose una distancia corta (20 a 50 m), hasta que el agente perturbador desaparece del área. Entonces, la gaviota regresa rápidamente y continúa con su actividad. La alimentación de la gaviota sobre el cadáver de un zambullidor orejudo tiene una duración de 101 minutos 06 segundos (n=35), dejando como restos la cabeza, cuello, esófago, tráquea, piel, patas, huesos y plumas sobre el suelo.

Tabla III. Fases de la depredación de la gaviota occidental (*L. occidentalis*) sobre el zambullidor orejudo (*P. nigricollis*).

FASES (Tiempos promedio, n=35)									
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6	FASE 7	FASE 8	FASE 9	Tiempo X total
06:30 - 10:00 13:00 - 15:30 ARRIBO	PERCHEO	CACERIA	EXTRACCION	REMATE	APERTURA	ALIMENTACION	DEFENSA	RETIRO	
0 min	86 min	1min 30seg	29 seg	3min 12 seg	17 min 43 seg	101 min 06 seg	Lapsos 31 seg	0 seg	3h 30min

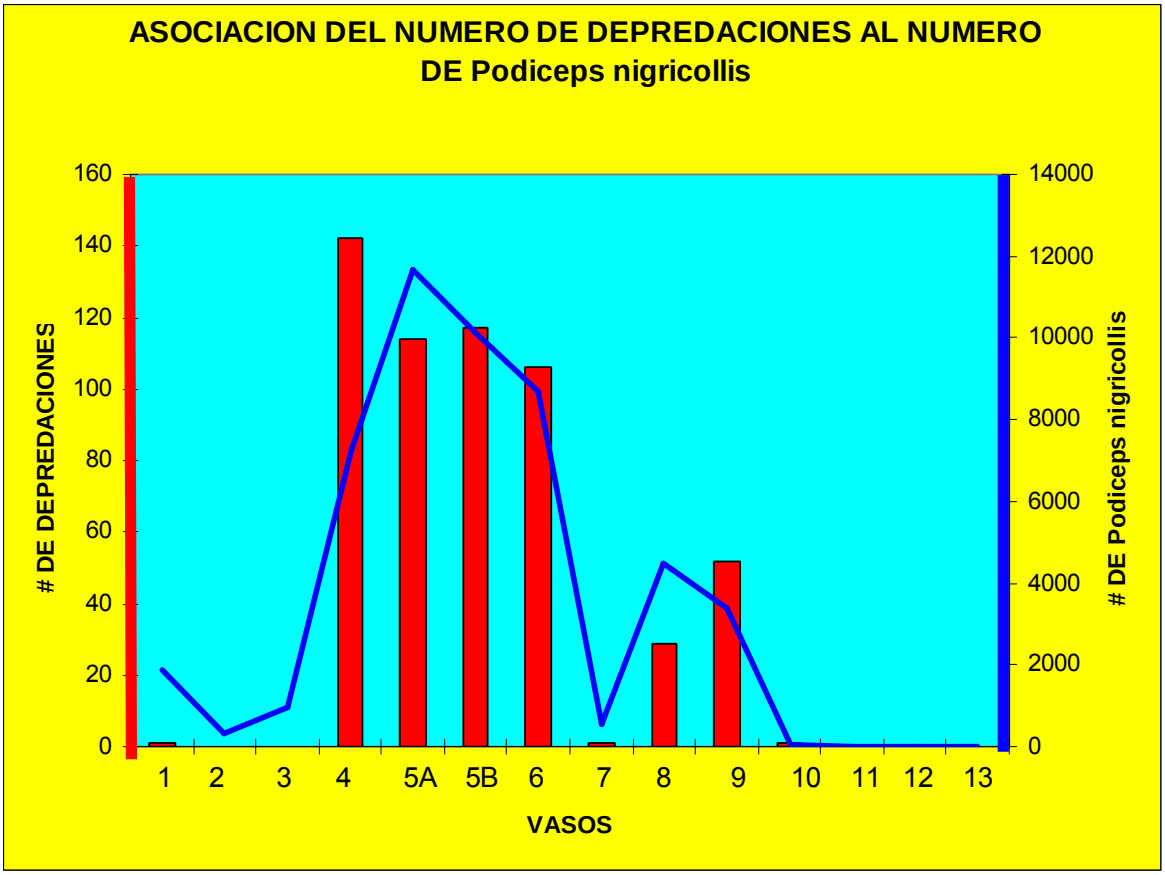
5.3. Factores ecológicos asociados a la depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre el zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*).

Los números más altos de depredaciones se registraron en los vasos 4, 5A, 5B y 6 (ver Tabla IV).

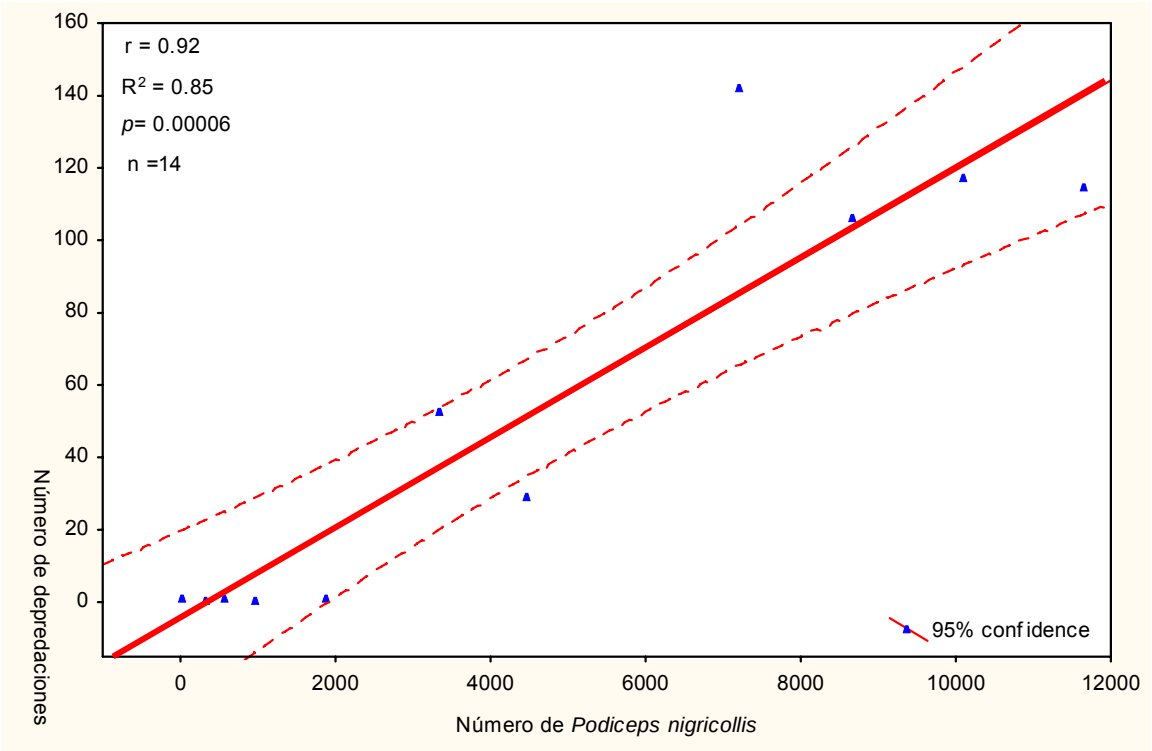
TABLA IV. Depredaciones durante la temporada 2002-2003 y variables estudiadas.

VASOS	DEPREDACIONES DURANTE LA TEMPORADA	NUMERO DE *Podiceps* (DISPONIBILIDAD DE PRESAS)	NUMERO DE *Larus occidentalis*	SALINIDAD DE LA SALMUERA (%)	PERTURBACION EN DIQUES	EXISTENCIA DE SITIOS DE PERCHEO
1	1	1.890	463	4.95	Esporádica	No
2	0	341	27	6.69	Esporádica	Sí
3	0	976	8	6.82	Esporádica	Sí
4	142	7.230	12	8.41	Esporádica	Sí
5A	114	11.675	51	9.51	Casi nula	Sí
5B	117	10.127	69	10.44	Casi nula	Sí
6	106	8.686	12	12.76	Esporádica	Sí
7	1	570	1	13.71	Contínua	Sí
8	29	4.473	6	15.3	Esporádica	Sí
9	52	3.367	5	16.15	Esporádica	Sí
10	1	41	0	19.8	Esporádica	Sí
11	0	0	0	23.2	Esporádica	Sí
12	0	0	0	25	Esporádica	Sí
13	0	0	0	25.4	Esporádica	Sí
TOTAL	563	49.376	654			
X MENSUAL TEMPORADA	80.43	7.053.71	93.86			

Estos números de depredaciones ocurren donde los zambullidores orejudos son más abundantes (r = 0.92, *n* =14, *P* < 0.001) –Gráficas 1 y 2-- y donde el disturbio fue esporádico o casi nulo (χ^2 = 305.15, *P* < 0.001), excepto en los vasos con salinidades más altas de 19.8%, donde ni los zambullidores ni otras aves se encuentran, y consecuentemente tampoco se encuentran cadáveres de aquellos.

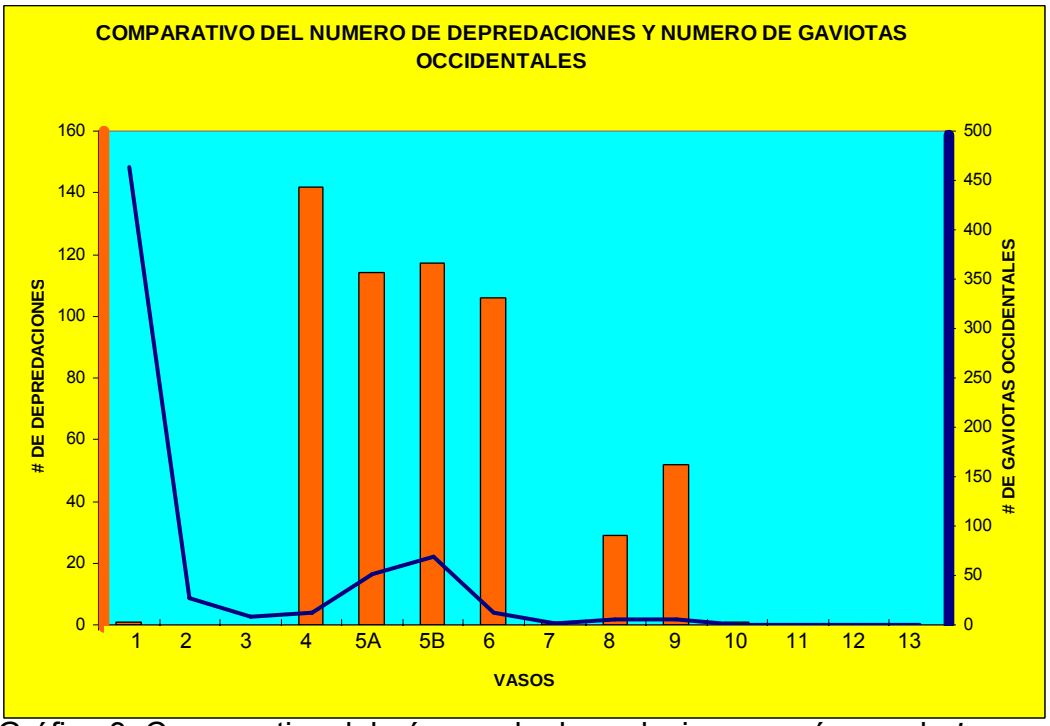


Gráfica 1. Asociación del número de depredaciones al número de *P. nigricollis.*

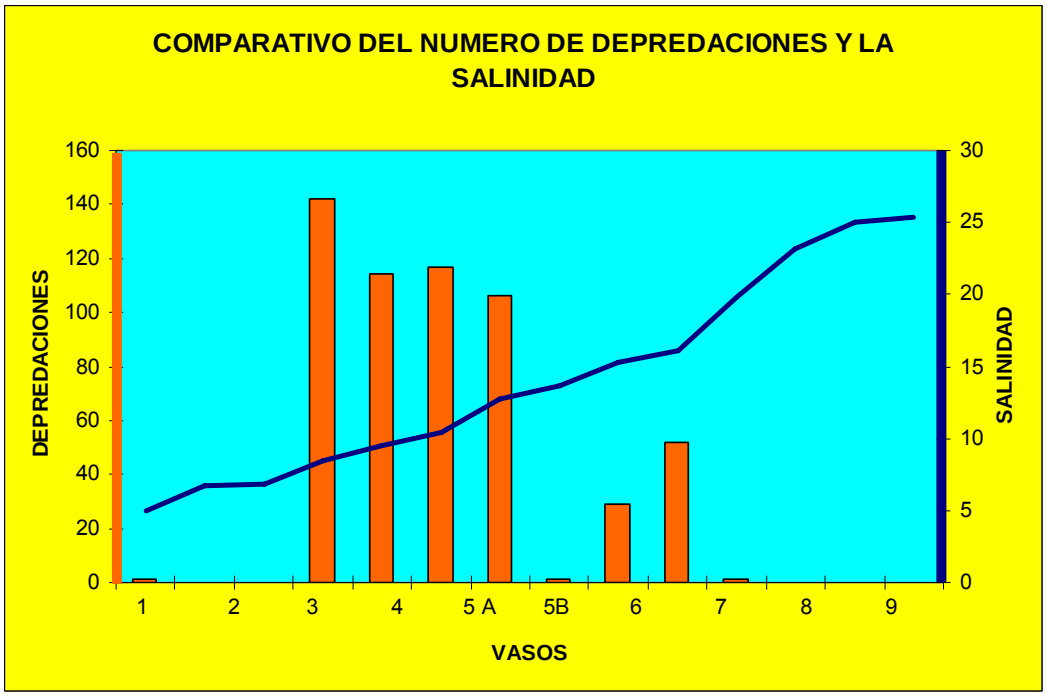


Gráfica 2. Asociación positiva entre las variables número *de P. nigricollis* y número de depredaciones.

No se encontró una relación lineal entre el número de depredaciones y el número de gaviotas occidentales (Gráfica 3); y la gráfica comparativa de las interacciones y la salinidad (Gráfica 4) muestra que al incrementarse la salinidad disminuye el número de depredaciones.



Gráfica 3. Comparativo del número de depredaciones y número de *Larus occidentalis.*



Gráfica 4. Comparativo del número de depredaciones y la salinidad.

5.4. Forrajeo del zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*)

5.4.1. Peso de *Podiceps nigricollis* y tipo de alimento en el estómago.

Los resultados muestran que hubo un incremento en peso tanto para hembras como para machos de esta especie, al final de la temporada de su estancia y forrajeo en la salina, por el orden promedio de 27 % (Tabla V). Los tipos de alimento encontrados en el estómago de *Podiceps nigricollis* corresponden a los tipos de alimento -presas- que se encuentran en la salina (Tablas V y VI).

Tabla V. Promedio de los pesos de *Podiceps nigricollis* al inicio y al final de su invernación en la salina de Guerrero Negro, B.C.S., y tipos de alimento en su estómago.

OBTENCION DE LOS *Podiceps nigricollis*	PESO (g) DICIEMBRE 2002		PESO (g) JUNIO 2003		INCREMENTO EN PESO (g)		% DE INCREMENTO EN PESO		ALIMENTO EN EL ESTOMAGO	
	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS
VASO 4	462.79	431.12	644.02	601.34	181.23	170.22	28.14	28.31	A, B,C,D,E	A,B,C,D,E
VASO 5A	448.89	432.25	612.47	586.27	163.58	154.02	26.71	26.27	A,B,C,D,E	A,B,C,D,E
VASO 5B	482.78	430.1	642.76	587.41	159.98	157.31	24.89	26.78	A,B,C,D	A,B,C,D
VASO 6	471.57	444.36	663.22	602.49	191.65	158.13	28.89	26.24	A,B,C,D	A,B,C,D
VASO 9	474.69	438.06	659.25	590.12	184.56	152.06	27.99	25.77	A,B,C	A,B,C
$\bar{X}$	468.144	435.178	644.34	593.52	176.2	158.34	27.33	26.67		
S.D.	12.92	5.99	19.98	7.80	13.75	7.08	1.57	0.98		

A= *Artemia salina*

B= *Ephydra sp*. (pupa)

C= *Ephydra sp.* (adulto)

D= Ephydra sp. (larva)

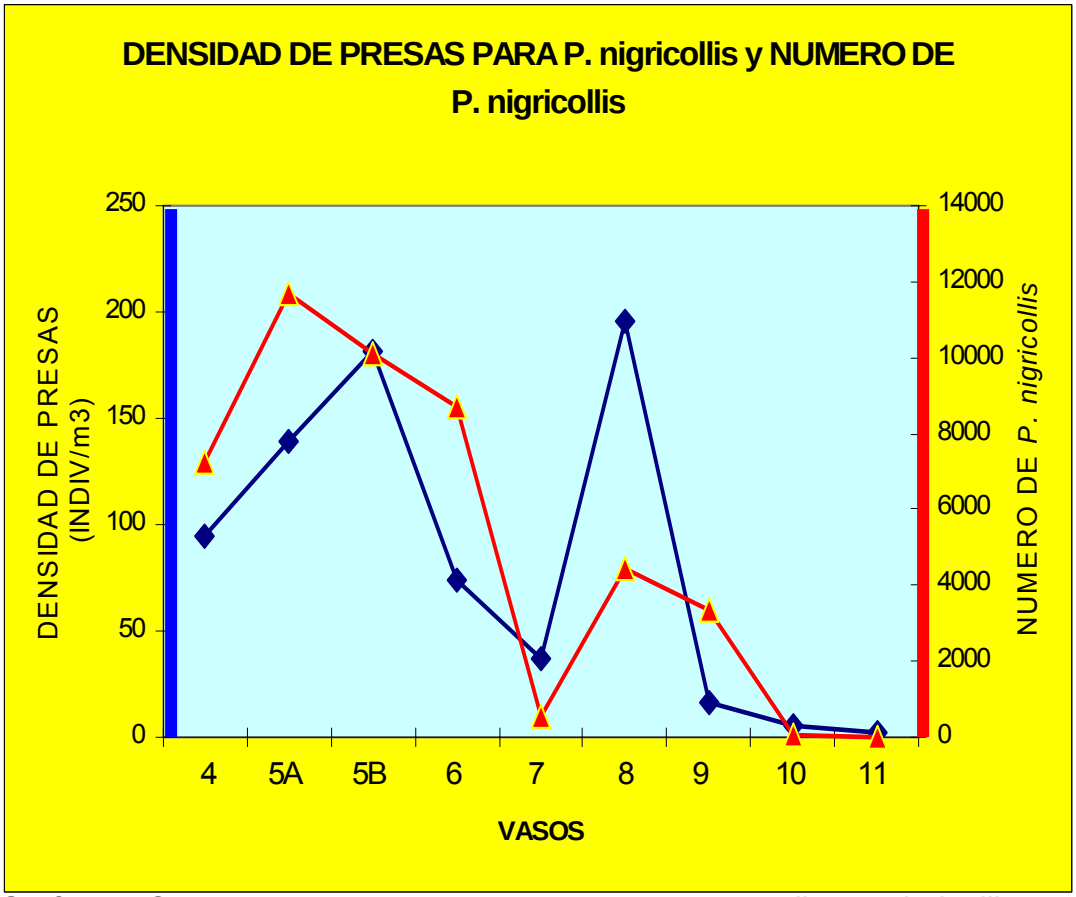
E= Tricocorixa sp.

5.4.2. Estimación de la disponibilidad de alimento (densidad de presas).

Artemia salina es la especie de mayor distribución en la salina, alcanzando densidades máximas en los vasos estudiados (5A, 5B, 6 y 9) con una disminución en los vasos con salinidades más altas –9, 10 y 11- (Tabla V). Los vasos de menor salinidad (4 y 5A) poseen una mayor diversidad de especies presa para *Podiceps nigricollis*. *Tricocorixa sp*. es una especie prácticamente restringida a los vasos de más baja salinidad estudiados (4 y 5A). La especie *Ephydra* sp. en sus fases de larva, pupa y adulto, se encuentra en densidades bajas en la salmuera de los vasos de la salina con respecto a *Artemia salina*, y no se encuentra en los vasos 10 y 11. Los

vasos con una mayor densidad poblacional de presas de alimentación para *Podiceps nigricollis* son el

4, 5A, 5B, 6 y 8, donde se encontró que a una mayor densidad de presas corresponde un mayor número de *Podiceps* , *nigricollis* según los censos realizados (Gráficas 5 y 6, y Tabla VI).



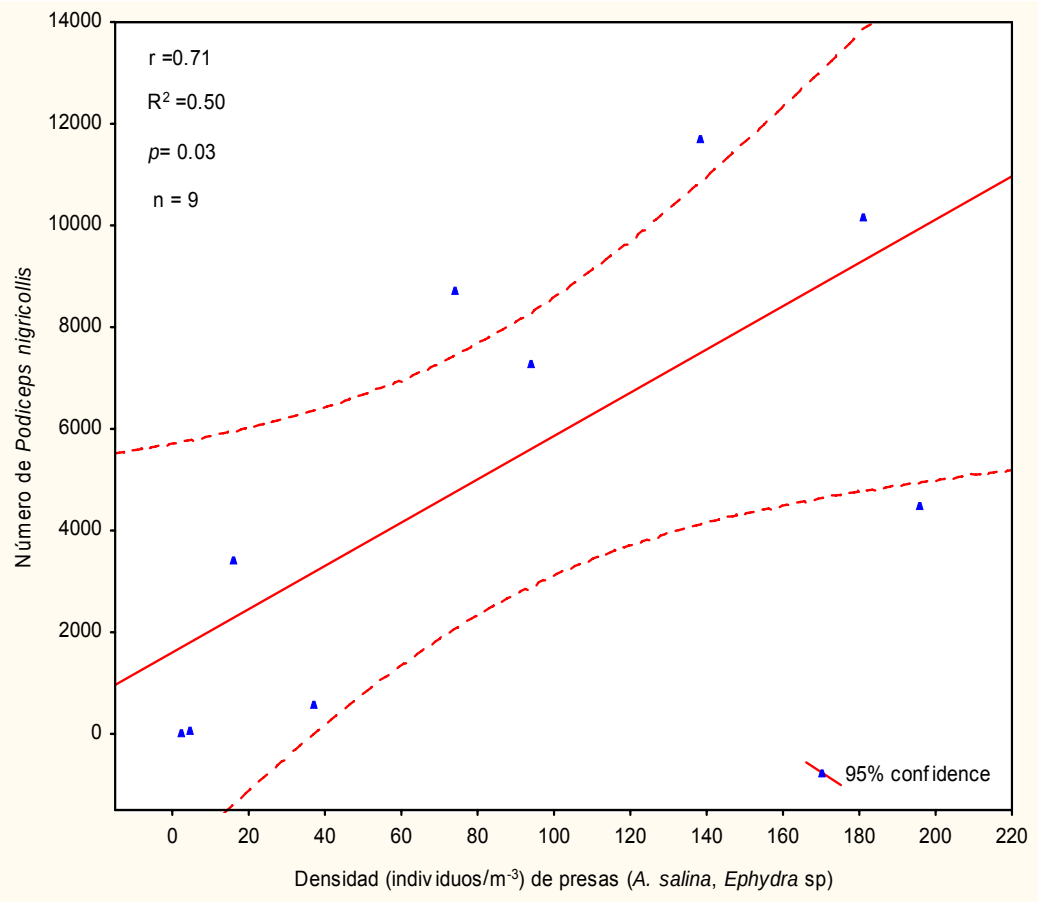
Gráfica 5. Comparativo de densidad de presas para *Podiceps nigricollis* y resultados del censo de esta especie.

TABLA VI. Densidad estimada de alimento disponible (indiv./m^3) para *Podiceps nigricollis*.

VASO	PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)	SUPERFICIE RED PLANCTONICA (m^2)	NUMERO DE INDIVIDUOS PROMEDIO (N=30)	DENSIDAD (INDIV./m^3) POR ESPECIE	DENSIDAD (INDIV./m^3)	No. DE *Podiceps nigricollis*
4	1	1	A= 75 B= 5 C= 5 D= 6.67 E= 2.5	A= 75 B= 5 C= 5 D= 6.67 E= 2.6	94.27	7,230
5A	1.2	1	A= 150 B= 3.33 C= 5 D= 5 E= 3.33	A= 125 B= 2.78 C= 4.17 D= 4.17 E= 2.78	138.9	11,675
5B	1.3	1	A= 218 B= 4.66 C= 6.67 D= 6.67	A= 167.7 B= 3.58 C= 5.13 D= 5.13	181.54	10,127
6	1.6	1	A= 102 B= 3.33 C= 6.66 D= 6.66	A= 63.75 B= 2.08 C= 4.16 D= 4.16	74.15	8,686
7	1.3	1	A= 44 B= 2.5 C= 1 D= 1	A= 33.84 B= 1.92 C= 0.77 D= 0.77	37.3	570
8	1	1	A= 190 B= 1 C= 2 D= 2	A= 190 B= 1 C= 2 D= 3	196	4,473
9	0.8	1	A= 12 D= 1	A= 15 D= 1.25	16.25	3,367
10	0.6	1	A= 3	A=5	5	45
11	0.4	1	A= 1	A= 2.5	2.5	0

A= *Artemia salina*
B= *Ephydra sp*. (pupa)
C= *Ephydra sp*. (adulto)
D= *Ephydra sp*. (larva)
E= *Tricocorixa sp*.

La Gráfica 6 muestra una asociación positiva entre las variables número de *Podiceps nigricollis* y densidad de presas (*Artemia salina*, pupas, larvas y adultos de *Ephydra sp*. y *Tricocorixa sp*.) presentes en los vasos de concentración. Se observa una correlación altamente significativa (p= 0.03) y con tendencia positiva.



Gráfica 6. Asociación positiva entre las variables número de *Podiceps nigricollis* y densidad de presas.

5.5. Forrajeo y depredación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) sobre larvas de la mosca de salmuera (*Ephydra sp*.).

No se encontró ninguna referencia bibliográfica que proporcionara información sobre la alimentación o forrajeo de *Larus occidentalis* sobre larvas de *Ephydra sp.*

Los resultados de los arrastres con red planctónica para determinar la densidad de larvas *de Ephydra sp*. dieron un promedio de 840.9 larvas por litro, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla VII. Resultados de arrastres con red planctónica.

Punto de muestreo	Número de *Ephydra sp.*/litro
1	1020
2	860
3	723
4	997
5	564
5	327
7	1237
8	698
9	1103
10	880
$\bar{x}$	840.9

Por otro lado, durante el periodo de observación, 17 horas 55 minutos, se registró un total de 93 gaviotas que arribaron al sitio de forrajeo, las cuales llegaban entre las 6:00 y 7:00 horas. Se observó que no todas llegan juntas, sino en grupos de dos o más, y frecuentemente de manera individual. Cuando arriban, la mayoría lo hace posándose sobre las piedras que se encuentran en la parte superior del dique (Fig. 8), o se posan sobre tierra firme, en áreas planas tipo “playa” (Fig. 9) anexas al dique y donde el viento junto con la espuma que se produce ha arrojado larvas

de *Ephydra sp.* (Fig. 10). Este forrajeo lo realizan las gaviotas siguiendo tres modalidades, dependiendo del substrato donde se posan:

Figura 8. Gaviotas sobre piedras en dique

Figura 9. Gaviotas en áreas planas tipo “playa”.

En la primera modalidad, la cual es la que realiza la mayoría de las gaviotas en el sitio, es aquella donde las gaviotas se posan sobre las rocas que se encuentran en la parte superior del dique. Desde allí, estas aves se aproximan y se posan sobre las piedras que están en contacto inmediato con la salmuera del vaso (Fig. 11), donde proceden a alimentarse (Fig. 12) a partir de las larvas vivas de *Ephydra sp*. (Fig. 13) que han sido acumuladas contra el dique por el arrastre del viento, formando parches tan grandes como de 10 m por 1 m.

Figura 10. Larvas de *Ephydra sp*.que ha arrojado el viento.

Figura 11. Gaviotas posadas sobre las piedras en contacto con la salmuera

Figura 12. Gaviota alimentándose de larvas de *Ephydra sp*

Figura 13. Larvas de *Ephydra sp*. en la salmuera.

También ocurre en la segunda modalidad, que las gaviotas en vez de aproximarse y posarse sobre las piedras que están en contacto directo con la salmuera, se posan y nadan sobre la salmuera, ubicándose dentro de los límites de los parches de *Ephydra sp*., y estando allí proceden a alimentarse de estas últimas (Fig. 14). La tercera modalidad es aquella en la cual las gaviotas se posan en áreas planas tipo

“playa” anexas al dique y donde el viento ha arrojado larvas de *Ephydra sp*. (Fig. 15).

Figura 14. Gaviotas sobre la salmuera alimentándose de *Ephydra sp*.

Figura 15. Gaviotas en áreas tipo “playa” alimentándose de *Ephydra sp.*

El comportamiento de las gaviotas para alimentarse de las larvas de *Ephydra sp*. sigue una sucesión de pasos muy sencillos:

En la primera y segunda modalidad, las gaviotas comen a “picotazos” para lo cual sumergen parcial o totalmente el pico en la salmuera (Fig. 16), en los sitios donde se encuentra el parche de *Ephydra sp*. Raramente detienen esta actividad una vez iniciada, y concluye hasta que las gaviotas emprenden la retirada, presumiblemente una vez saciado su apetito. Ocasionalmente, las gaviotas que se alimentan siguiendo la primera modalidad, pueden cambiar a la segunda.

Figura 16. Alimentación según la primera y segunda modalidad.

En la tercera modalidad (Fig. 15) las gaviotas se alimentan directamente a partir de las larvas de *Ephydra sp*. que se encuentran sobre el suelo, atrapándolas con el pico. Mientras lo hacen, caminan continuamente y sólo se detienen momentáneamente cuando se inclinan para atrapar larvas, las cuales pueden ser larvas vivas o, aparentemente, muertas. Estas gaviotas pueden concluir aquí su alimentación y luego, aproximarse al dique o salmuera en un momento dado, y continuar alimentándose siguiendo la primera o segunda modalidad hasta que se retiran. El tiempo promedio (n=93) que emplean en esta actividad es de 2 horas 10 minutos. Al final de su actividad emprenden la retirada ya sea para posarse en el dique formando parte aún de la parvada, descansar un tiempo de 1 a 30 minutos (n=18) o alejarse volando y perderse de vista.

No se encontraron diferencias de este comportamiento de forrajeo entre las gaviotas adultas y de primero y segundo invierno.

En el análisis de los proventrículos y estómagos, se observó que únicamente contenían larvas de *Ephydra sp*. (Figs. 17 y 18), con un peso promedio de 53.35 g, (Tabla VIII).

Figura 17. Proventrículo y estómago conteniendo larvas de *Ephydra sp*

Figura 18. Proventrículo y estómago conteniendo larvas de *Ephydra sp*.

Tabla VIII. Resultado de los pesos de larvas de *Ephydra sp*. encontrados en *Larus occidentalis.*

Ejemplar	Peso (g) de estómago y proventrículo vacío	Peso (g) de larvas (*Ephydra sp.*)
1	36.50	59.11
2	30.14	47.58
$\bar{x}$	33.32	53.35

5.6. Alimentación de la gaviota occidental (*Larus occidentalis*) por reflejo condicionado.

Un total de 75 gaviotas fueron observadas durante el periodo del estudio (Tabla VIII) registrándose que éstas llegaban al sitio de la cosecha de la sal en grupos de dos o tres e individualmente, y en una primera aproximación se posaban aproximadamente a 20-30 m (n=75) de la maquinaria, sobre la sal del vaso, tres a siete minutos antes de que esta maquinaria detuviera sus operaciones para iniciar la hora del "lunch" (16:00 horas). Una vez que la maquinaria se detenía, las gaviotas realizaban una segunda aproximación, mediante un vuelo corto, posándose nuevamente sobre la sal y permaneciendo a una distancia aproximadamente de 8 a 12 m de las máquinas, concretamente al nivel de los sitios donde se ubicaban los operadores de dicha maquinaria dentro de cada cabina o desde el sitio donde ellos se ubicaban al descender de las máquinas para ingerir sus alimentos. Allí, algunas de las gaviotas que se acercaban más, hasta una distancia aproximada de 3 a 6 metros, recibían restos de alimento (pedazos de tortillas, restos de pan, fracciones de papa o carne, etc.) que los operadores,

esporádicamente, les arrojaban mientras ellos disfrutaban de su “lunch”. Al momento de caer el alimento a piso, una o más gaviotas se aproximaban rápidamente para capturarlo; la gaviota que capturaba el alimento, lo engullía rápidamente. Frecuentemente ocurrió que una misma gaviota lograba alimento más de una vez, y una o más no lograba nada (Tabla IX). Las gaviotas permanecían en el sitio por un periodo de aproximadamente media hora, hasta que la maquinaria re-iniciaba la operación. En ese momento, tanto las gaviotas que habían recibido alimento como aquellas que no lo hicieron, levantaban el vuelo alejándose de la maquinaria y del vaso.

Los resultados indican que el número máximo de gaviotas que se presentó en el sitio, fue de nueve (día 11) y el mínimo fue de tres (días 7 y 10).

Tabla IX. Relación del número de gaviotas que recibieron y no recibieron alimento.

Día	Núm. de gaviotas	Núm. de gaviotas que recibieron alimento	Núm. de gaviotas que NO recibieron alimento	% de gaviotas que recibieron alimento	% de gaviotas que NO recibieron alimento
1	6	2	4	33.33	66.67
2	4	2	2	50.00	50.00
3	6	3	3	50.00	50.00
4	5	1	4	20.00	80.00
5	8	3	5	37.50	62.50
6	4	2	2	50.00	50.00
7	3	3	0	100.00	0.00
8	5	1	4	20.00	80.00
9	7	3	4	42.85	57.15
10	3	3	0	100.00	0.00
11	9	3	6	33.33	66.67
12	5	2	3	40.00	60.00
13	4	3	1	75.00	25.00
14	6	4	2	66.66	33.34
TOTAL	75	35	40	46.66	53.34

6. DISCUSION

En la búsqueda por entender el nuevo caso de depredación reportado en este trabajo, se observó que el mayor número de gaviotas se encuentra en el vaso 1 de la salina, donde pueden satisfacer sus necesidades alimenticias a partir de peces, crustáceos y moluscos que se encuentran de manera natural en ese estanque, así como de restos de comida que desechan los trabajadores que operan las bombas para introducción de agua de mar a la salina (obs. pers.). También se observaron grupos de gaviotas alejadas y perchadas a una distancia de más de 10 km del vaso 1, en áreas cercanas a los vasos 5A y 5B .Aunque más estudios son requeridos, parece ser que la mayoría de las gaviotas occidentales presentes en la salina son depredadoras de *Podiceps nigricollis*, puesto que atendiendo al acumulativo de 654 gaviotas avistadas en la temporada y el número de 563 depredaciones registradas, casi corresponde a una depredación diariamente por cada una de esas gaviotas. Esto significa que la mayoría de las gaviotas llevan a cabo esa interacción todos los días. Por otro lado, los avistamientos mensuales promedio indican un número de 7,053.71 *Podiceps nigricollis*, por lo que no parece que el número de gaviotas depredadoras esté limitado por la falta de presas. Este caso de depredación puede constituir un caso claro de respuesta a la llamada Teoría de Forrajeo Optimo (Krebs, 1978), la cual enuncia que las aves frecuentemente seleccionan su alimento con base en la energía, tiempo y esfuerzo requerida para llevar a cabo su estrategia de alimentación, aunque no está bien entendido cómo es que los animales escogen alternativas que varían tanto en la optimización del tiempo como en la menor pérdida de energía y menor esfuerzo en la procuración de su alimento, como dice Stephens (1990). Quizá este nuevo

comportamiento de depredación que se observa en la salina de Guerrero Negro, se relacione con la explicación de Hutto (1990), por lo que pudo haber sucedido que algún evento estocástico y poco frecuente de escasez de alimento ocurrido en el pasado haya presionado a algunas gaviotas a buscar nuevos recursos alimenticios, y de allí surgió una nueva estrategia de alimentación para ellas, donde esta actividad tuvo y tiene que verse influenciada por otros factores del medio ambiente, los cuales se discuten posteriormente.

Por otro lado, cada especie animal depredadora tiene sus propias herramientas y estrategias para cazar. La mayoría utiliza una combinación de características o aptitudes físicas, además de su naturaleza propia de locomoción (volar, correr, caminar, reptar, nadar, saltar): un desarrollado sentido del olfato combinado con un excelente oído, una vista muy aguda con amplia capacidad de vuelo; así como una aparente intuición innata para detectar aquella presa que presenta algún tipo de desventaja (debilidad, apariencia de enferma, menos veloz, etc.) con respecto a otras presas potenciales. Además, desarrollan estrategias o mecanismos basados en movimientos en grupo o solitarios, acompañados de ataques que permiten capturar a la presa (Carrera y Lafón, 1999). En el caso de la depredación de *Larus occidentalis* sobre *Podiceps nigricollis*, aún quedan muchas dudas por resolver en lo que se refiere a la conducta exhibida por aquella, pero se advierte que las gaviotas depredadoras han desarrollado una estrategia muy completa de depredación, donde a juzgar por las observaciones realizadas en el presente trabajo, se combinan varios elementos como la aparente intuición de la gaviota para esperar cercanamente a una parvada de *Podiceps* el tiempo suficiente, ya sea para aguardar a estar hambrienta o para que las aves se

acostumbren a su presencia, para enseguida iniciar un ataque donde aprovecha su gran capacidad de sustentación en vuelo para permanecer en el aire en puntos semifijos sobre la salmuera, bajo condiciones de vientos de hasta por lo menos 15 km/h, y aún así es capaz de observar y esperar en el aire en el punto preciso sobre el espejo de la salmuera al primer o primeros zambullidores que emergen a la superficie a respirar para atacarlo y atraparlo.

Con respecto a los factores ecológicos asociados a la depredación de *Podiceps nigricollis,* existen varias regiones en el mundo donde las gaviotas y los zambullidores coexisten sin que las primeras depreden a los segundos, por lo que la coexistencia de ambas especies no es la clave de la evolución de este comportamiento depredatorio. Probablemente la razón del comportamiento depredatorio de la gaviota occidental sobre el zambullidor orejudo tiene que ver con los vasos de alta salinidad donde se encuentra el zambullidor en la salina de Guerrero Negro. En el primer vaso, aunque la salinidad permite la existencia de varias especies de peces, moluscos y crustáceos, ofreciendo alimento potencial para las gaviotas, éstas se alimentan en la orilla del vaso con los escasos organismos mencionados naturalmente muertos o vivos, y principalmente de la comida y restos de peces que obtienen los operadores de las bombas de agua de mar que viven allí. Sin embargo, no se tienen evidencias de que aquí la gaviota occidental obtenga totalmente sus requerimientos alimenticios. Si bien en el vaso 1 se observó el mayor número de gaviotas occidentales, y también un número relativamente alto de zambullidores orejudos, la presencia de éstos se dio hacia la parte más alejada del vaso 1, fuera de la vista y fácil alcance de esas gaviotas, en zonas donde se dificulta el perchado (no hay dique cercano) que hace la gaviota cuando despliega su estrategia de

depredación en el resto de los vasos, lo cual dificulta la interacción en este vaso. En los vasos donde los zambullidores orejudos son depredados por las gaviotas occidentales, aquellos representan la única opción de alimento para éstas. Además de esta condición, el acceso público limitado a la salina, y el bajo o casi nulo tráfico vehicular en algunos diques circundantes a los vasos, probablemente contribuyen al comportamiento depredatorio de las gaviotas occidentales sobre el zambullidor orejudo; además de la existencia de sitios de percheo (los diques y las piedras que protegen esos diques).

No obstante que *Podiceps nigricollis* es una de los dos especies de aves con hábitos halofílicos más extremos del mundo, por lo que su ciclo biológico ocurre en lagos y cuerpos de agua de muy alta salinidad (Jehl 1988), en la salina de Guerrero Negro donde la salinidad en los vasos es mayor a 19.8% no se encuentra *Podiceps nigricollis* ni otras aves, lo cual es una condición similar en otras salinas del mundo tal y como señalan autores como Britton y Johnson (1987), y como Arengo y Baldassarre (1998) quienes reportan que las características fisicoquímicas del agua, como la salinidad, determinan la presencia de aves acuáticas, toda vez que éstas no son capaces de soportar factores ambientales adversos que están fuera de sus límites fisiológicos, y porque la alta salinidad provoca una disminución de la abundancia de sus presas en esos ambientes.

El análisis de la asociación del número total de depredaciones a la disponibilidad de presas (*Podiceps nigricollis*) mostró una correlación altamente significativa y con tendencia positiva, indicando con ello que conforme aumenta el número de presas, aumenta el número de depredaciones. Asimismo el análisis de X^2 realizado para

determinar la asociación del mayor número de depredaciones ocurridas a la perturbación, indicó alta significancia estadística, por lo que se rechaza la hipótesis nula. Por otro lado no se encontró una relación lineal entre las depredaciones y el número de gaviotas occidentales; es decir, se podría haber esperado que donde existe el mayor número de gaviotas occidentales, se debería haber presentado el mayor número de depredaciones; sin embargo, en los vasos donde no hay *Podiceps nigricollis* (vasos 2 y 3), aunque hay presencia de gaviotas lógicamente no ocurren depredaciones, como tampoco es esperable que ocurran depredaciones en los sitios donde aunque el número de gaviotas sea alto (vaso 1) no existen sitios de percheo adecuados en cuanto a cercanía de parvadas de zambullidores, como para que éstas ponga en práctica su actividad de depredación. Si a esto se añade la posibilidad de que existan sitios de percheo par las gaviotas en zonas cercanas a los vasos 4 a 9 y que la preferencia de las gaviotas se de por la cercanía y por consecuencia en respuesta a la Teoría del Forrajeo Optimo, entonces la sumatoria de todas estos factores podrían explicar la razón del por qué no se encontró una relación lineal entre las depredaciones y el número de gaviotas occidentales.

Con respecto a la salinidad, las depredaciones disminuyen conforme ésta aumenta, lo cual puede deberse a una disminución también en el número de presas disponible conforme la salinidad se incrementa, por lo que se afirma que de los factores ecológicos estudiados, los que están influenciando las depredaciones que ocurren en la salina es la disponibilidad de presas según su mayor o menor cantidad en los vasos, así como el grado de perturbación (tráfico vehicular esporádico o casi nulo) en los diques de dichos vasos; y en el caso del vaso 1, la ausencia de sitios de percheo

disponibles para la gaviota. La salinidad influencia la distribución y abundancia de las presas de las aves de la salina (Peralta 2002) y consecuentemente la distribución y abundancia de los zambullidores orejudos, así como la distribución y abundancia de estos zambullidores influencia entonces las depredaciones que ocurren en el área de estudio.

En lo que se refiere al forrajeo de *Podiceps nigricollis* en la salina, estas aves llegan a invernar a la salina con un bajo peso corporal debido a que, de acuerdo con Jehl (1988), utilizan sus reservas grasas durante su viaje migratorio hacia sus sitios de invernación. Este mismo autor menciona que al inicio de su partida a los sitios de invernación, el *Podiceps nigricollis* tiene un peso promedio de 600 a 650 g, y que al regresar a su lugar de origen (Mono Lake, Ca. Estados Unidos), su peso promedio es de 325 a 350 g. En efecto, las disecciones de *Podiceps* efectuadas durante la realización del presente estudio en el mes de diciembre, al arribo de estas aves a la salina, mostraron conspicuamente una ausencia de tejido graso, caso contrario al final de la temporada, donde en el mes de junio las disecciones mostraron los cuerpos de *Podiceps* y algunos órganos internos ya recubiertos de grasa. Los valores de pesos registrados para los *Podiceps nigricollis* a su arribo a la salina son 22% más altos que el peso promedio de estas aves al llegar a su sitio de origen después del invierno, lo que sugiere que llegan a invernar a la salina aún con cierta reserva energética. Los pesos de los *Podiceps nigricollis* que invernaron en la salina, son similares a los pesos de esta ave en su sitio de origen una vez que está lista para emprender la migración a sus sitios de invernación. La ganancia en peso por los *Podiceps* en la salina les será útil porque

representa reservas energéticas para emprender el regreso a sus lugares de origen, ya que si continuaran perdiendo peso en vez de ganarlo, correrían el riesgo de morir si alcanzaran pesos de alrededor de 220 g (Jehl, 1988).

A partir de los análisis de contenido estomacal de los *Podiceps nigricollis*, quedó demostrado que el alimento de esta ave corresponde a las especies que únicamente se encuentran en el ecosistema de la salina. Los vasos 4, 5A, 5B, 6 y 8 tienen mayor densidad poblacional de presas para *Podiceps nigricollis* que el resto de los vasos. Cuando se comparan gráficamente estas densidades poblacionales con el número de *Podiceps nigricollis* resultado de los censos en la salina, se observa que a una mayor densidad de presas de alimentación corresponde un mayor número de estas aves. Este hallazgo merece mayores estudios enfocados a entender si este es un caso fortuito o si el *Podiceps nigricollis* tiene alguna manera de poder identificar aquel ambiente que le es más favorable en términos de la mayor presencia de presas; y en consecuencia, se requerirían mayores estudios para entender también qué mecanismos o estrategias utiliza el zambullidor orejudo para identificar tales ambientes más favorables.

En lo que se refiere al forrajeo y alimentación de *Larus occidentalis* sobre larvas de la mosca de salmuera, *Ephydra sp*., el presente trabajo constituye también un primer hallazgo documentado de este fenómeno. Hasta este momento se desconocía el forrajeo y alimentación de la gaviota occidental sobre larvas de *Ephydra sp*., y por lo tanto se desconocía la etología envuelta en esta relación interespecífica. De acuerdo con Krebs (1978) cada especie tiene una dieta particular; sin embargo, uno de los grandes problemas por resolver que tienen los animales es “decidir” dónde y cómo

alimentarse de manera más eficiente para asegurar su sobrevivencia y éxito reproductivo, sin dejar a un lado actividades también muy importantes como defenderse de los depredadores y proteger su territorio. Esto quiere decir que las aves deben de asegurar la optimización de la actividad de forrajeo para obtener la máxima cantidad y calidad de alimento con el menor esfuerzo posible. Dado que el alimento tiene que proveer energía a partir de la cual elaborar y restituir materiales de construcción para nuevas células y tejidos, la calidad y cantidad son muy importantes, y una de las maneras de asegurar que exista alimento suficiente es tener un amplio espectro de dieta. Esto último es justamente la estrategia de las gaviotas, donde particularmente *Larus occidentalis* ha "aprendido" que un recurso alimenticio más en la salina de Guerrero Negro, B.C.S., es *Ephydra sp*. Muchos más estudios especializados deben hacerse sobre esta relación interespecífica de depredación para explicar cómo y en qué momento la gaviota occidental descubrió y aprendió que existía aquel recurso. Indudablemente que al principio tuvo que haberse presentado algún o algunos casos fortuitos de encuentro de la gaviota con la larva, cuyo evento reforzante (la alimentación en más de una ocasión con larvas) para la gaviota se convirtió en el estímulo ambiental que en ciertas circunstancias satisfizo su necesidad de alimento, permitiendo que el aprendizaje se diera. No es fácil ni está tampoco al alcance de este trabajo de tesis saber qué o cuál fue la presión ambiental o factor, fortuito o no, que ocasionó que la gaviota tuviera su primer o primeros encuentros con la larva de la mosca de la salmuera *Ephydra sp*. En esta temporada (2007) se observó por primera vez a la gaviota de Bonaparte (*Larus philadelphia*), ave migratoria que se encuentra en la salina durante los meses de noviembre a mayo (ESSA 2000), compartiendo el mismo recurso alimenticio (*Ephydra sp*.) con la gaviota occidental. De acuerdo con Manning (1972) los animales

también aprenden por imitación, y quizá ésto refuerce la posible explicación del cómo es que *Larus occidentalis* empezó a alimentarse de larvas de *Ephydra sp.* una vez que una o más de estas gaviotas lo hicieron, quizá de manera fortuita.

Por lo que se refiere a la alimentación por reflejo condicionado de la gaviota, lo cual ocurre en los vasos productores de sal, es claro que no todas las gaviotas que existen en la salina utilizan esta estrategia para alimentarse, toda vez que el número máximo que se observó fue de 11; y además, a juzgar por el escaso alimento que les es proporcionado por los operadores de la maquinaria pesada cuando ellos disfrutan su "lunch", no parece que de esta manera satisfagan sus requerimientos nutricionales. Es posible que la explicación del bajo número de gaviotas que recurre a esta conducta de alimentación se deba a que, según Manning (1972), para que un organismo aprenda o despliegue una conducta determinada, no dada como parte de su herencia o evolución, sino que efectivamente sea una conducta aprendida, se requiere que el estímulo correspondiente al "disparo" de esa conducta "se fije" en el animal. El hecho de que no todas las gaviotas occidentales de la salina utilicen esta estrategia para alimentarse con base en los residuos de comida que les ofrecen los operadores de la maquinaria, puede deberse a que no todas logran alimento con la frecuencia necesaria como para que dicho comportamiento se fije. No obstante, es posible que algunas gaviotas que han tenido éxito son las que posiblemente regresan de manera frecuente a procurar el alimento que les dan los trabajadores.

Con respecto a las implicaciones que se pudieran dar en la salina con relación al manejo y preservación de las especies involucradas, tanto desde el punto de vista de la

conservación como de las repercusiones en la producción y calidad de la sal, la salina de Guerrero Negro es efectivamente importante para la población invernante de estas aves, de alrededor de 16,500 individuos, puesto que allí se alimentan y reponen peso y energía para emprender su regreso a sus sitios de origen, porque de acuerdo con Dudley (1992), la migración en largas distancias mediante el vuelo significa un fuerte gasto de energía; y para satisfacer esas demandas, los insectos y aves que migran típicamente se ven envueltos en mecanismos de obtención de lípidos antes de iniciar la migración, lo cual incrementa substancialmente la masa total del cuerpo.

Aunque parece ser que la mayoría de las gaviotas occidentales que se hallan en la salina han aprendido a depredar al zambullidor orejudo, no parece previsible que sean capaces de acabar con la población total, que es de 5 millones de individuos (Jehl, 1988) debido a que, aún cuando no existen datos disponibles acerca de la tasa de reproducción anual para los zambullidores orejudos, es de esperarse que ésta sea mucho más alta que el número de *Podiceps nigricollis* que constituyen la población invernante de la salina. Por otro lado, los zambullidores orejudos se alimentan principalmente de *Artemia salina* en la salina de Guerrero Negro, y aunque resulta difícil obtener el peso real de éstos crustáceos que ingiere en un periodo de tiempo determinado, si supusiéramos una ingesta diaria de 10 g por individuos cada 24 horas, atendiendo al tamaño de su buche y a la gran actividad alimenticia que se le observa en la salina, se estima que durante la temporada en que permanecen en este sitio, consumirían aproximadamente 31.5 t de *Artemia salina*. Este dato resulta relevante, y merece más estudios, toda vez que *Artemia salina* es fuente de aminoácidos que sirven de alimento a la bacteria halofílica (*Halobacterium halobium*) que vive y se desarrolla en

la salmuera de los vasos cristalizadores (Davis, 1974; Javor, 1983) impartiéndole un color rojizo a dicha salmuera, y por lo tanto, contribuyendo a la velocidad de evaporación del agua, lo cual, por consiguiente, repercute en la velocidad de producción de la sal y muy posiblemente en su calidad. Es decir, hasta que se realicen estudios experimentales enfocados para conocer la repercusión de la permanencia o no de esas 31.5 t de *Artemia salina*, se sabrá si las repercusiones de la depredación que hace *Podiceps nigricollis* sobre este recurso, son positivas o negativas para la producción y calidad de la sal en el sitio de estudio. Por otra parte, las larvas de la mosca de salmuera, *Ephydra sp*., no parece que se fijen al fondo en el sitio donde son depredadas por la gaviota occidental, porque el oleaje causado por el viento al que se ven sujetas, no permite que se fijen al sustrato; por lo que seguramente habrán de morir. Si mueren, sus restos orgánicos vendrían a sumarse a la carga orgánica que también debería ser aprovechada por las bacterias halofílicas de la salmuera de los vasos de cristalización o de producción de sal. Suponiendo que diariamente sólo hubiera 10 gaviotas alimentándose de estas larvas, y considerando que el promedio de larvas consumidas por estas aves es de 53.35 g diariamente, se tendría que en un año estas gaviotas serían capaces de remover de la salina una cantidad de 195 kg de larvas de *Ephydra sp*. El efecto directo de la pérdida de 195 kg no parece ser un valor importante para el ecosistema; pero al considerar que los compuestos orgánicos que deberían resultar de la muerte de estas larvas deberían ir a formar parte de otros elementos de la salina (protozoarios, insectos acuáticos, *Artemia salina*, copépodos, tapetes microbianos, etc.) entonces estos valores adquieren relevancia; y existiría una repercusión sobre la producción y calidad de la sal, derivado de su aprovechamiento por las bacterias halofílicas (Davis, 1974; Davis, 1980; Javor, 1983; Javor, 1989;

Sammy, 1983); sin embargo, más estudios debidamente enfocados se requerirían para determinar exactamente dichas repercusiones. Como quiera que sea, estas relaciones interespecíficas de depredación tienen una posible repercusión para la producción y calidad de la sal, y aún cuando alguna vez se llegue a dilucidar este aspecto, no resultaría práctico, y quizá tampoco ético, buscar un manejo antropocéntrico de las especies depredadoras involucradas; más bien, la operación física del manejo de la salmuera en campo podría ser decisivo en lograr una mejor producción y calidad de sal, con el fin de producirla más fuerte y de mayor tamaño independientemente de la carga orgánica en la salmuera, lo cual, evidentemente, requiere de estudios especialmente dirigidos en este sentido, y que quedan fuera del alcance de este trabajo de tesis.

7. CONCLUSIONES

7.1. Existe una relación interespecífica de depredación entre las especies *Larus occidentalis* y *Podiceps nigricollis*, la cual se presenta en la salina de Guerrero Negro, B.C.S.

7.2 La depredación de *Larus occidentalis* sobre *Podiceps nigricollis*, constituye un nuevo registro para la ciencia.

7.3. La relación interespecífica de depredación que ocurre entre *Larus occidentalis* y *Podiceps nigricollis*, exhibe una estrategia de depredación similar a la estrategia general de depredación que se presenta en la naturaleza dentro del reino animal, con variantes atribuibles a las dos especies de aves involucradas.

7.4. En la depredación que lleva a cabo *Larus occidentalis* sobre *Podiceps nigricollis* en la salina de Guerrero Negro, B.C.S., algunos factores que probablemente influyen sobre el comportamiento depredatorio de *L. occidentalis* son: la disponibilidad de *Podiceps nigricollis*, y, el grado de perturbación por tráfico vehicular sobre los diques de la salina.

7.5. La salina es un sitio importante de forrajeo para *Podiceps nigricollis*, debido a la ganancia de peso de esta ave durante su invernación en los vasos en este ecosistema.

7.6. El forrajeo y alimentación de *Larus occidentalis* sobre larvas de *Ephydra sp*. constituye un nuevo registro para la ciencia. Hasta este momento, se desconocía esta fuente de alimento así como la etología envuelta en esta relación interespecífica.

7.7 Sólo algunas gaviotas occidentales en la salina, han aprendido a alimentarse bajo el concepto de “alimentación por reflejo condicionado”.

7.8. Teóricamente existe una repercusión en la producción y calidad de sal producida en la salina, por causa de la existencia de las relaciones interespecíficas de depredación que ocurren entre *Larus occidentalis y Podiceps nigricollis, y entre Podiceps nigricollis y Ephydra sp*., lo cual requiere de mayores estudios debidamente orientados a este fin, lo cual implicaría un manejo, no de las especies involucradas, pero sí de la salmuera, en forma física, dentro de la salina.

8. LITERATURA CITADA

American Ornithologists' Union. 1983. Checklist of North American birds. 6th. edition. Allen Press. Lawrence, Tx. U.S.A.

Arengo, F. y G.A. Baldassarre. 1998. Potential food availability and flamingo use of commercial salt impoundments in the Ría Lagartos Biosphere Reserve, Mexico. Colonial Waterbirds 21(2):211-221.

Al-Deen. B. 1972. Posible efecto de microalgas en la forma de cristalización del cloruro de sodio en la salina de Araya. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. de Oriente. 11(1):35-38.

Begon, M. y M. Mortimer. 1986. Population ecology. A unified study of animals and plants. Blackwell Scientific Publications. U.S.A. 123 pp.

Bellrose, F. 1978. Ducks, geese and swans of North America. Stackpole Books, Harrisburg, Penn. 540 pp.

Bremer, J. I. 1983. Solar salt production at Exportadora de Sal. Pp. 401-406. *In*: Sixth Symposium on Salt. B. Charlotte Schreiber and H. Lincoln Harner (eds.). The Salt Institute. Alexandria, Virginia. U.S.A. 695 pp.

Britton, R.H. y A.R. Johnson. 1987. An ecological account of a mediterranean salina: The Salin de Giraud, Camargue (S. France). Biological Conservation 42: 185-230.

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

Buol, S.W., F.D. Hole y R.J. McCraken. 1981. Génesis y clasificación de suelos. Trillas. México. 417 p.

Burger, J. y M. Gochfeld. 1995. Nest site selection by eared grebes in a Franklin's gull colony: Structural stability parasites. Condor 97(2):577-580.

Carmona, R. y G. Danemann. 1998. Distribución espacio-temporal de aves en la salina de Guerrero Negro, Baja California Sur, México. Ciencias Marinas (1998), 24(4):389-408.

Carmona, R. y G. Danemann. 2000. Distribución espacio-temporal de aves pelecaniformes en la salina de Guerrero Negro, B.C.S. México. Hidrobiológica 10(2):85-90.

Carpelan, L.H. 1953. The hydrobiology of the Alviso saltponds. A dissertation for the degree of Doctor of Philosophy. Stanford University. US.A. 197 pp.

Carrera, J.A. y A. Lafón. 1999. Carnívoros: aspectos generales y bases para su manejo. Pp. 107-120. *In*: Diplomado en Manejo de Vida Silvestre. Conservación y Manejo de Vertebrdos del Norte Arido y Semiárido de México. O. Sánchez y E. Vázquez (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad. México, D.F. 247 pp.

Caudell, J.N. y M.R. Conover. 2000. Ecology of Eared Grebes (*Podiceps nigricollis*) on the Great Salt Lake, Utah. July 1999-June 2000 Progress Report to the Utah Division of Wildlife Resources. Jack H. Berrymen Institute. Utah State University. Salt Lake City, Utah.

Chura, N.Y. 1962. Behavior of a California Gull feeding on a large Mallard duckling. The Auk 79:484-485.

Contreras, F. 1993. Ecosistemas costeros mexicanos. UAM Unidad Iztapalapa. Primera edicion. México. 239 pp.

Danemann, G.D., Carmona, R. y G. Fernández. 2002. Migratory shorebirds in the Guerrero Negro saltworks, Baja California Sur, Mexico. Walder Study Group Bull. 97:36-41.

Danemann, G. M. y R. Carmona. 2000. Breeding birds of the Guerrero Negro saltworks, Baja California Sur, Mexico. Western Birds 31:195-199.

Davis, J. 1974. Importance of microorganisms in solar salt production.pp. 369-372. *In*: A. L. Coogan (ed.). Fourth International Symposium on Salt. Volume two. The Northern Ohio Geological Society. Cleveland. U.S.A. 559 pp.

Davis, J. 1980. Biological management of solar saltworks. Pp. 265-268. *In*: Fifth Symposium on Salt. A.H. Coogan y L. Hauber (eds.). The Northern Ohio Geological Society, Inc. U.S.A. 547 pp.

Dunning, J.B. Jr. 1988. Yellow-footed gull kills Eared Grebe. Colonial Waterbirds 11(1):117-118.

Emmel, T.C. 1975. Ecología y biología de poblaciones. Editorial Interamericana, S.A. de C.V. 182 pp.

Engeo Inc. 1992. Subsurface exploration at the Location of the Proposed Salt Plant in G. Negro, Mexico. Internal Geotechnical Report. 90 pp.

ESSA. 2000. Las aves de ESSA. Guía de campo. Primera edición. San Diego, Ca. U.S.A. 206 pp.

Everett, W. y D. W. Anderson. 1991. Status and conservation of the breeding seabirds on offshore Pacific islands of Baja California and the Gulf of California. ICBP Technical Publication no. 11.

Faaborg, J. 1976. Habitat selection and territorial behavior of the small grebes of North Dakota. Willson Bull. 88:390-399.

Farmer, J. D. 1992. Grazing and bioturbation in modern microbial mats. Pp. 295-297. *In*: The Proterozoic Biosphere: A Multidisciplinary Study. J. William Schopf y C. Klein (eds.). Cambridge University Press. U.S.A. 622 PP.

García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Segunda edición. Inst. Geografía, UNAM. México, D.F.. 252 pp.

Harris, M.P. 1980. Breeding performance of Puffins (*Fratercula arctica)* in relation to nest density, laying, date and year. Ibis 122:193-209.

Harvey, T. 2003. Western Gull (*Larus occidentalis*). California Wildlife Habitat Relationship System. California Department of Fish and Game. California Interagency Wildlife Task Group.

Hunt, G.L. Jr. and M.W. Hunt. 1976. Exploitation of fluctuating food resources by Western Gulls. The Auk 93:301-307.

Hutto, R.L. 1990. Energetics and foraging theory. Studies in Avian Biology 13:389-390.

ICBP. 1992. Putting biodiversity on the map: priority areas for global conservation. International Council for Bird Preservation. ICBP. Cambridge, UK. 150 pp.

INEGI. 1995. Síntesis Geográfica del Estado de Baja California Sur. México.

Javor, B.J. 1983. Nutrients and ecology of the Western Salt and Exportadora de Sal brines. Pp. 195-205. *In*: Sixth Symposium on Salt. Volume one. B. Ch. Schreiber y H. Lincoln (eds.). The Salt Institute. U.S.A. 695 pp.

Javor, B.J. 1989. Hypersaline environments, microbiology and biogeochemistry. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Printed in United States of America. 328 pp.

Jehl, J.R., Jr. 1988. Biology of the Eared Grebe and Wilson's Phalarope in the non-breeding station: a study of adaptations to saline lakes. Studies in Avian Biology 12:1-74.

Kaufman, K. 2005. Guía de campo a las aves de Norteamérica. Hillstar Editions L.C. Singapore. 392 pp.

Krebs, J.R. 1978. Optimal foraging: decision rules for predators. P. 23-63. *In*: J.R. Krebs and N.B. Davies (eds.). Behavioural ecology: an evolutionary approach. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Krebs, Ch. J. 1985. Ecología. Estudio de la Distribución y la Abundancia. Segunda edición. Harla México. 753 pp.

Lambert, G. 1943. Predation efficiency of the Osprey. The Canadian Field Naturalist 57:87-88.

León de la Luz, J.L., J. Cancino y L. Arriaga. 1991. Asociaciones fisonómico-florísticas y flora. Pp. 145-175. *In*: La Reserva de la Biósfera El Vizcaíno en la Península de Baja California. A. Ortega y L. Arriaga (eds.). Capítulo 8. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A.C. La Paz, B.C.S. Publicación no. 4. 317 pp.

López-Cortés, A. 1991. Geomicrobiología ambiental. pp. 131-144. *In*: La Reserva de la Biósfera El Vizcaíno en la Península de Baja California. (A. Ortega y L. Arriaga, eds.). Capítulo 7. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur. Publicación no. 4. 317 pp.

Manning, A. 1972. An Introduction to Animal Behavior. Second edition. Addison-Wesley Publishing Company. U.S.A. 294 pp.

Massey, B.W. y E. Palacios. 1994. Avifauna of the wetlands of Baja California Mexico:current status. Studies in Avian Biology 15:45-57.

Odum, E.P. 1972. Ecología. Tercera edición. Editorial Interamericana. 639 pp.

Padilla G., S. Pedrín y E. Troyo. 1991. Geología. Pp. 71-93. *In*: La Reserva de La Biósfera El Vizcaíno en la Península de Baja California. A. Ortega y L. Arriaga (eds.). Capítulo 4. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A.C. Publicación no. 4. 317 pp.

Page, G. y E. Palacios. 1993. Winter shorebird numbers in wetlands along the pacific coast of Baja California. Point Reyes Bird Observatory and Centro de Investigaciones Científicas y Estudios Superiores de Ensenada. 17 pp.

Peralta, J.C. 2000. Contribución de una salina por evaporación solar a la conservación de las aves acuáticas: Un estudio de caso en la región Guerrero Negro-Ojo de Liebre, B.C.S. Tesis de Licenciatura no publicada. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich.

Peralta, J.C. 2002. Patrones ecológicos de 13 especies de aves acuáticas residentes en la salina de Guerrero Negro, B.C.S. y su relación con variables ambientales. Tesis de Maestría en Ciencias no publicada. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S.

Peterson, R.T. y E.L. Chalif. 1998. Aves de México. Guía de campo. Primera edición, tercera impresión. Editorial Diana, S.A. de C.V. 473 pp.

Rahaman A. A., Ambidakevi, M. y S. Esso. 1993. Biological management of Indian solar saltworks. Pp. 633-643. *In*: Seventh Symposium on Salt. Hidetake Kakihana, H. Reginald Hardy, Jr., Takeshi Hoshi y Ken Toyokura (eds.). The Salt Sciense Research Foundation. Tokyo, Japan. 689 pp.

Raphal, M.G. 1990. Use of Markov chains in analyses of foraging behavior. Studies in Avian Biology 13:288-294.

Sammy, N. 1983. Biological system in north-western Australia solar salt fields. Pp. 207-215. *In*: Sixth Symposium on Salt. Volume one. B. Ch. Schreiber y H. Lincoln (eds.). The Salt Institute. U.S.A. 695 pp.

Saunders, G.B. and Saunders, D.C. 1981. Waterfowl and their wintering grounds in Mexico 1973-1974. Resource Publication 138, U.S. Fish and Wildlife Service. Washington, D.C. 151 pp.

Schmidt-Nielsen, 1975. Animal physiology: adaptation and environment. Cambridge University Press. New York. U.S.A. 699 pp.

Scott, N. 1970. Characteristics of some hypersaline ecosystems. University of North Carolina. U.S.A. 401 pp.

Smith, R.L. 1977. Elements of Ecology and field biology. Harper and Row Publishers. U.S.A.

Stephens, D.W. 1990. Foraging theory: up, down, and sideways. Studies in Avian Biology 13:444-454.

Sutton, D.B. y N. P. Harmon. 1985. Fundamentos de ecología. Primera edición, sexta reimpresión. Edit. LIMUSA, S.A. de C.V. 293 pp.

Thompson, D.B.A. 1986. The economics of kleptoparasitism: optimal foraging, host and prey selection by gulls. Animal Behaviour 34:1189-1205.

Tinbergen, N. 1960. The Herring Gull's world. New York. Basic Books, Inc.

Troyo-Diéguez, E. y Y. Maya, 1991. Edafología. Pp. 117-130. *In*: La Reserva de la Biosfera El Vizcaino en la Peninsula de Baja California. 1991. Alfredo Ortega y Laura Arriaga (eds.). Capítulo 6. Centro de Investigaciones Biologicas de Baja California Sur, A.C. Publicación no. 4. 317 pp.

UNESCO, 1994. Properties included in the World Heritage List. Documentation Center. UNESCO. Gland, Switzerland. 45 pp.

Vásquez, G.A.M., 2001. Ecología y formación ambiental. Segunda edición. Edit. McGraw-Hill. 343 pp.

Vaughan, T.A. 1988. Mamíferos. Editorial Interamericana. McGraw Hill. 315 pp.

Williams, A.J. 1985. Blacknecked grebes Podiceps nigricollis in the vicinity of Luderitz, South West Africa/Nambia, June 1984. Cormorant 13:76-77.

Work, T.M. 2000. Manual de necropsia de aves marinas para biólogos en refugios o áreas remotas. U.S. Geological Survey National Wildlife Health Center. Hawaii Field Station. 30 pp.