



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**“PATRONES ECOLÓGICOS DE 13 ESPECIES DE AVES ACUÁTICAS
RESIDENTES EN LA SALINA DE GUERRERO NEGRO, B.C.S. Y
SU RELACION CON VARIABLES AMBIENTALES”.**

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en Ecología de Zonas Áridas)

P r e s e n t a

Julio César Peralta Gallegos

La Paz, Baja California Sur, diciembre de 2002

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 12:00 horas del día 11 del mes de Noviembre del 2002, se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., para revisar la Tesis de Grado titulada:

“PATRONES ECOLOGICOS DE 13 ESPECIES DE AVES ACUATICAS RESIDENTES EN LA SALINA DE GUERRERO NEGRO, B.C.S. Y SU RELACION CON VARIABLES AMBIENTALES”

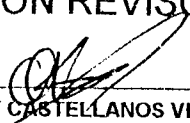
Presentada por el alumno:


Julio César Peralta Gallegos


Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN Ecología de Zonas Aridas

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


DR. ARADIT CASTELLANOS VERA
DIRECTOR DE TESIS


DR. ALFREDO ORTEGA RUBIO
CO-TUTOR


M.C. RENATO ARTURO MENDOZA SALGADO
CO-TUTOR


DRA. THELMA R. CASTELLANOS CERVANTES
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

RESUMEN

La salina de Guerrero Negro, B.C.S. tiene una superficie de 37,448 ha y se inserta al sistema lagunar Ojo de Liebre-Guerrero Negro, y funciona como un humedal artificial al igual que otras salinas del mundo. Debido a ello sostiene una variada y abundante avifauna acuática, albergando al menos 53 especies migratorias y 20 especies residentes.

Mediante la realización del presente trabajo se efectuaron 141 conteos de aves para el total de 47 transectos de muestreo, así como realización de 564 determinaciones fisicoquímicas. Se obtuvo la abundancia y distribución de 13 especies de aves acuáticas residentes durante primavera, verano y otoño. El total de registros de individuos fue de 509. La especie más abundante resultó *Phalacrocorax auritus* con 188 individuos, y la especie de más amplia distribución fue *Larus occidentalis*, que se localiza en la mayoría de los hábitats estudiados.

Se identificaron las áreas de mayor concentración de especies e individuos, y se analizó la relación de la abundancia y distribución de las especies de aves acuáticas residentes con las variables ambientales salinidad de la salmuera, temperatura de la salmuera, oxígeno disuelto, pH y presencia de alimento. Los resultados indicaron que el número de especies y el número de individuos de aves acuáticas residentes está relacionado con la disponibilidad de alimento o presas, y a su vez se relaciona inversamente con la salinidad, lo que establece preferentemente una distribución espacial y un mayor número de especies e individuos en los substratos de menor salinidad del área de estudio.

Palabras claves: Salina, aves acuáticas residentes, distribución y abundancia.

ABSTRACT

Guerrero Negro, B.C.S. solar saltworks has an area of 37,448 ha and is located in the Ojo de Liebre-Guerrero Negro lagoon complex. It functions as an artificial wetland, similar to other solar saltworks around the world. Because of this, it supports varied and abundant aquatic birds, sheltering more than 53 migratory and 20 resident species.

During the present study, 141 bird counts were conducted for a total of 47 sampling transects, as well as 564 physicochemical analysis. The abundance and distribution of 13 species of resident aquatic birds during spring, summer and autumn were obtained. The total recorded individuals was 509. The most abundant species was *Phalacrocorax auritus* reaching 188 individuals, and the species with the widest distribution was *Larus occidentalis* which was found in the majority of the habitats studied.

Areas of greater individual and species concentration were identified and analyses were conducted of the relationship between the abundance and distribution of the resident aquatic bird species with the environmental variables: brine salinity, brine temperature, dissolved oxygen, pH and food availability. The results showed that both the species and the individual number of resident aquatic birds are related to food availability and this is inversely related to salinity, therefore suggesting wider spatial distribution and greater species and individuals numbers in ponds of lower salinity.

Key words: Solar saltworks, resident aquatic birds, distribution and abundance.

DEDICATORIA

A Dios:

Quien me puso en este camino y me llevó hasta su término.

A mi esposa:

Irma Margarita

Por estar siempre a mi lado y apoyarme cuando más lo he necesitado, por su paciencia, por su comprensión y cariño. Gracias nena, este logro es para ti.

A mis hijos:

Julio César y Emmanuel

Pese a su corta edad, sus palabras de aliento y el apoyo que me brindaron fue un aliciente para concluir esta meta. Gracias hijos, este logro también les pertenece.

A mis padres:

Rosa y Manuel

Llevo en el corazón el apoyo incondicional que siempre me han brindado en todo lo que he necesitado, sin importar distancias y esfuerzos. Los quiero mucho.

A mis hermanos:

Rosa Isela, Luis Fernando y Marco Antonio

Gracias por su apoyo y confianza. También he contado con ellos cuantas veces he necesitado. Gracias hermanos... Todos ustedes son un ejemplo a seguir.

A mi suegra, Doña Victoria (+):

A quien le hubiera gustado verme haber concluido este logro, y a quien sigo extrañando a pesar de tanto tiempo. Su ejemplo de bondad y cariño permanece en nosotros.

A mi suegro, Don Salvador:

Por el afecto que siempre me ha brindado. Junto conmigo ha celebrado mis logros y me ha acompaña en mis desaciertos. Gracias por estar conmigo, Don Chava, a pesar de la distancia.

A Doña Tere Avila Vda. de Contreras:

A quien recuerdo con mucho cariño, por el trato como hijo que siempre me ha dado, desde que inicié la carrera de Biólogo en Michoacán, y quien continuamente me animaba a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., por el apoyo brindado para la realización de este trabajo. Muchas de sus gentes son muy profesionales y con una calidad humana enorme...particularmente mi agradecimiento para el Dr. Sergio Hernández Vázquez, ex-director de Posgrado quien me alentó siempre a continuar; Dra. Thelma Castellanos, Directora de Posgrado y a su excelente equipo humano: Lic. Osvelia Ibarra, Lic. Leticia González, Lic. Beatriz Gálvez y Lic. Abraham Dipp. Al personal de la biblioteca, Lic. Ana María Cota, Marco Antonio Diaz, Edgar Yuen y Lic. María Esther Ojeda, quienes merecen todo mi reconocimiento por su amable trato, disponibilidad y profesionalismo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la realización de la Maestría.

Al Proyecto GEA 7, bajo cuyo auspicio se llevó a cabo mi trabajo de campo.

A mi comité tutorial, conformado por el Dr. Aradit Castellanos, Dr. Alfredo Ortega y M.C. Renato Mendoza, por la confianza y el apoyo que me brindaron, sus consejos, orientaciones y sugerencias para el mejor desarrollo de mi tesis. Agradezco particularmente la atinada dirección de este trabajo a Aradit Castellanos, por su paciencia, su interés, el esfuerzo que hizo para robarle tiempo

al tiempo teniendo tantas actividades y compromisos de trabajo, para dedicarlo junto conmigo al estudio preliminar de campo, a revisiones, correcciones y arreglos de la tesis. Su conocimiento y experiencia fueron fundamentales para concluir satisfactoriamente este trabajo.

Al Dr. Bernardo Murillo y al M.C. Héctor Fraga, por su amistad y por el excelente apoyo que me brindaron para criticar positivamente mi tesis y por apoyarme también en la realización de los análisis estadísticos que soportan algunos resultados y conclusiones de este trabajo. Igualmente mi agradecimiento para el Dr. José Luis García, Dr. Juan Larrinaga y M.C. Alvaro González, por su amistad, por su interés y opiniones acerca de mi tesis y su presentación. A todos, incluyendo al M.C. Edgar Rueda, gracias por darme siempre ánimos y por ayudarme a disminuir mi preocupación. Gracias amigos. Agradezco también, el apoyo cartográfico que me brindaron el Lic. Joaquín Rivera y el M.C. Federico Salinas.

Al personal del CIBNOR en Guerrero Negro, Dr. Raúl López, Ing. Liliana G. Bastida, Ing. Mario Benson y Sr. Telésforo Aguilar, por el apoyo que me brindaron para llevar a cabo el trabajo de campo.

A la compañía Exportadora de Sal, S. A. de C.V. (ESSA), especialmente al Ing. Juan Ignacio Bremer González, Director General, quien me apoyó para iniciar mis estudios de posgrado y para recibirme “como en mi casa” cada vez que necesité el

apoyo de la empresa para realizar mi trabajo de campo. Mi agradecimiento para la Lic. Beatriz Bremer, Ing. Edmundo Elorduy e Ing. Joaquín Ardura, quienes siempre me facilitaron el enlace y apoyo que necesité de ESSA. Asimismo, agradezco el apoyo que me brindaron el Oc. Martín Domínguez, Ing. Martín García, QFB Rosalinda Flores, Sr. Mario Aguilar, Sr. Ruben Correa, Lic. Pedro Peña, Lic. Luis de la Fuente, Ing. Gerardo Canett y todo el personal del Departamento de Ecología y Seguridad Industrial, por el apoyo, atenciones y muestras de amistad que me brindaron durante mis visitas para realizar el trabajo de campo.

Agradezco a mi papá y a mi mamá, Sr. Manuel Peralta y Sra. Rosa de Peralta, a mi primo Marcos Alfredo Gallegos y a mi hijo Julio César Peralta, el apoyo que me dieron durante el trabajo de campo.

A mi esposa Irma Margarita, a mis hijos Julio César y Emmanuel, agradezco su apoyo, comprensión, cariño y confianza.

Quiero agradecer la paciencia, Interés y tiempo dedicado, a todos los maestros que tuve durante la Maestría, particularmente a aquellos que contribuyeron sustancialmente a mi preparación o a mejorar mis puntos de vista: Dr. Alfredo Ortega, Dra. Juana López, Dr. Macario Bacilio, Dra. Sofía Ortega, Dra. Sara Díaz, M.C. Yolanda Maya, M.C. Aurora Breceda, M.C. Sandra Robles Gil, Dr. Enrique Troyo, Dr. Ricardo Rodríguez y Dra. Lilia Alcaraz.

CONTENIDO

Acta de Revisión de Tesis	I
Portada	II
Resumen	III
Abstract	IV
Dedicatoria	V
Agradecimientos	VII
Contenido	X
Lista de figuras	XII
Lista de tablas	XIII
Introducción	1
Antecedentes	4
Hipótesis	9
Objetivos	9
Area de estudio	9
Localización geográfica	9
Fisiografía	10
Geología	10
Hidrología	11
Edafología	11
Clima	13
Vegetación	13
Fauna	14
Materiales y métodos	16
A) Metodología para determinar la distribución y abundancia	16
Determinación de transectos	16
Censado	20
B) Determinación de las variables ambientales	20
Salinidad	21
Temperatura del medio acuoso (salmuera)	21
pH y oxígeno disuelto	21
Presencia de alimento (peces, crustáceos y moluscos)	21
C) Metodología de análisis de la información	22
Distribución	22
Abundancia	22
Variables ambientales	23
Asociaciones a los tipos de hábitat y a las variables ambientales del hábitat	23
Resultados	25
A) Composición de especies y abundancia	25
B) Distribución	29

C) Variables ambientales	41
Salinidad	41
Temperatura	42
pH	43
Oxígeno disuelto	44
Presencia de alimento	45
D) Asociaciones a los tipos de hábitat y a las variables ambientales.	45
Asociación del número de especies a los tipos de hábitat.	45
Asociación del número de individuos a los tipos de hábitat.	46
Asociación del número de individuos a las variables Ambientales.	47
Asociación de la riqueza específica a las variables Ambientales.	53
Discusión	60
A) Abundancia.	60
B) Distribución.	63
C) Asociaciones a los tipos de hábitat y a las variables Ambientales.	67
Asociación del número de especies y número de individuos a los tipos de hábitat.	67
Asociación del número de individuos a las variables Ambientales.	67
Asociación de la riqueza específica a las variables Ambientales.	70
Conclusiones	75
Literatura citada	77

LISTA DE FIGURAS

FIG.	DESCRIPCION	PAG.
1	Localización del área de estudio.	12
2	Diagrama que ilustra la metodología para selección de sitios de muestreo y conteos.	17
3	Perfil del transecto de muestreo.	18
4	Localización de los transectos de muestreo.	19
5	Ocurrencia de especies por sustrato.	25
6	Abundancia por especie.	27
7	Distribución de especies más comunes de aves acuáticas residentes.	34
8	Relación del número de especies de aves acuáticas residentes con la salinidad.	35
9	Relación del número de individuos de aves acuáticas residentes con la salinidad.	36
10	Relación del número de especies de aves acuáticas residentes con la concentración de oxígeno disuelto.	37
11	Relación del número de individuos de aves acuáticas residentes con la concentración de oxígeno disuelto.	38
12	Especies de aves acuáticas residentes en relación con la presencia de alimento en la salina de Guerrero Negro, B.C.S.	39
13	<i>Sterna antillarum</i> alimentándose de peces en el sustrato uno.	41
14	Salinidad de los sustratos por estación del año.	42
15	Temperatura de la salmuera en los sustratos por estación del año	43
16	pH de los sustratos por estación del año	44
17	Oxígeno disuelto en los sustratos por estación del año.	45
18	Relación entre salinidad y número de individuos.	49
19	Relación del oxígeno disuelto con el número de individuos.	51
20	Relación de la salinidad con el número de especies.	55
21	Relación del oxígeno disuelto con el número de especies.	56
22	Relación de la temperatura con el número de especies.	57

LISTA DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCION	PAG.
I	Número de especies por estación del año en cada sustrato.	26
II	Número de individuos por estación del año por cada sustrato.	28
III	Número de individuos por especie por estación del año.	29
IV	Distribución espacial de las especies.	30
V	Distribución temporal de las especies	32
VI	Distribución espacial y temporal del número de especies.	32
VII	Listado de peces, crustáceos y moluscos presentes en los sustratos uno y dos.	40
VIII	Número de especies por hábitat.	46
IX	Número de individuos por hábitat	47
X	Matriz de correlación entre las variables independientes (ambientales) y las variables dependientes (número de individuos y número de especies)	48
XI	Cuadro de efectos directos e indirectos de las variables ambientales sobre el número de individuos.	50
XII	Número de individuos por tipo de hábitat en relación con la presencia de alimento.	53
XIII	Cuadro de efectos directos e indirectos de las variables ambientales sobre el número de especies.	54
XIV	Número de especies por tipo de hábitat en relación con la presencia de alimento.	59

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las salinas que utilizan el método de producción de sal por evaporación solar consisten de una serie de vasos poco profundos conectados en secuencia que incrementan gradualmente su salinidad (Bremer 1985, Javor 1989). En estos sistemas de producción, el objetivo es obtener sal como cloruro de sodio para fines industriales y comestibles, para lo cual los vasos de evaporación son alimentados con agua de mar. A medida que el agua de mar va avanzando de un vaso a otro, la acción del sol y el viento produce evaporación del agua y acumulación de la sal gradualmente al irse concentrando las sales presentes dando lugar a la salmuera (Scott 1970). A medida que la salmuera se concentra, diferentes sales llegan a saturarse y precipitan (Scott 1970). Así, el manejo de una salina produce subsistemas característicos en cada vaso de evaporación, determinados por las altas concentraciones de sales totales y por las inusuales proporciones de iones en solución en cada etapa de evaporación (Scott 1970, Davis 1980, Javor 1989). Diversos organismos especializados se desarrollan en estos subsistemas: algas verdes y verde-azules, protozoarios ciliados como *Fabrea salina*, el crustáceo *Artemia salina*, la mosca de salmuera *Ephydra sp.* y bacterias halofílicas (Scott 1970, Davis 1980, Javor 1989, López-Cortés 1991, Davis 1993, Rahaman *et al.* 1993). También se encuentran peces en áreas de baja salinidad, y aves residentes y migratorias en la mayor parte del sistema de vasos evaporadores (Davis 1980, Britton y Jonson 1987, Carmona y Danemann 1998, Peralta 2000).

De acuerdo con Britton y Jonson (1987), Calvo-Sending *et al.* (1987), Page y Gill (1994), Martos y Jonson (1996), las salinas que producen sal por evaporación solar del agua de mar, en realidad son humedales artificiales. En el caso de la salina de Guerrero Negro (GN), ésta funciona como un humedal artificial al igual que otras salinas del mundo (Britton y Johnson 1987): Es utilizada por un gran número de aves acuáticas migratorias y residentes que en conjunto con el resto de los organismos y el ambiente abiótico, juegan un papel relevante (Carmona y Danemann 1998, Peralta 2000).

La salina, operada por Exportadora de Sal, S.A. de C.V. (ESSA) produce sal común (NaCl) por el método de evaporación solar del agua de mar. Se encuentra ubicada en la ruta migratoria de aves de "El Corredor del Pacífico" (Carmona y Danemann 1998). Las aves migratorias (láridos, playeros, falaropinos, anátidos y podicipédidos) utilizan la salina de Guerrero Negro como lugar de invernación o bien como una escala en su ruta migratoria (Carmona y Danemann 1998). Peralta (2000), en 1998 encontró 73 especies de aves acuáticas (53 migratorias y 20 residentes), de 8 órdenes, 14 familias y 37 géneros.

El presente trabajo tiene el propósito de determinar patrones ecológicos de las aves acuáticas residentes en los vasos evaporadores de la salina de ESSA en Guerrero Negro, Baja California Sur y la relación existente de estos patrones con variables ambientales, como la salinidad de la salmuera, temperatura de la salmuera, O₂ disuelto, pH de la salmuera y presencia de alimento.

Es importante conocer y entender este segmento de aves acuáticas para comprender el funcionamiento de la salina como humedal artificial y para el manejo y conservación de la avifauna en la región.

En este trabajo se estudiaron 13 especies residentes, debido a que se encuentran durante todo el año en el sitio de estudio, y a que se estima que son representativas de los patrones ecológicos del área. Asimismo, el estudio de las aves acuáticas residentes planteado, puede ser útil, y servir de base para futuras investigaciones complementarias, como puede ser el estudio de las aves acuáticas migratorias, lo cual queda pues, fuera del alcance del presente . Así, las especies incluídas fueron:

- *Pandion haliaetus* (Gavilán Pescador o Aguila Pescadora).
- *Falco peregrinus* (Halcón Peregrino).
- *Charadrius alexandrinus* (Chorlo Nevado o Chichicuilote Nevado).
- *Sterna caspia* (Charrán Caspio o Gallito de Mar).
- *Sterna antillarum* (Charrán Mínimo o Golondrina Marina Menor).
- *Larus occidentalis* (Gaviota Occidental).
- *Phalacrocorax auritus* (Cormorán Orejudo).
- *Ardea herodias* (Garza Morena o Garzón Azul).
- *Egretta thula* (Garceta Pie Dorado o Garza Nívea).
- *Egretta rufescens* (Garceta Rojiza o Garza Melenuda).
- *Casmerodius albus* (Garza Blanca o Garzón Blanco).
- *Nycticorax nycticorax* (Pedrete Corona Negra o Perro de Aguas).
- *Pelecanus occidentalis* (Pelícano Pardo o Pelícano Café).

Antecedentes.

Existen pocos estudios relacionados con la avifauna acuática de las salinas. La mayoría de los estudios ecológicos en relación con las salinas se refieren a alguno o algunos elementos que integran sus ecosistemas, y las aves sólo se mencionan como un elemento más sin resaltar la importancia que tienen en el humedal salino o la relación que guarda este componente con los factores ambientales (Carpelan 1953, Davis 1974, 1980, Britton y Johnson 1987). Más recientemente, otros autores ponen en relevancia este elemento biótico dentro de dichos humedales (Carmona y Danemann 1998, Peralta 2000) pero aún sin el contexto de su relación con las variables ambientales:

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. No establecen una relación de la presencia de las aves con las variables ambientales, sino que la distribución y abundancia la refieren a los diferentes vasos que constituyen la salina.

Carmona y Danemann (2000) presentaron las abundancias temporales de cuatro especies de Pelecaniformes (pelicano blanco, *Pelecanus erythrorhynchos*; pelicano pardo, *P. Occidentalis*; cormorán de doble cresta, *Phalacrocorax auritus*; y cormorán de Brandt, *Ph. 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.

Danemann y Carmona (2000) 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 habitats 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.

Arengo y Baldassarre (1998) determinaron las fuentes potenciales de alimento disponible para los flamings (*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.

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, se menciona que fueron registradas de manera casual, entre las cuales registró 12 especies.

Davis (1974, 1980) menciona que cada salina posee algún tipo de ecosistema, y 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 “blanquizas” 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.

Javor (1989) hace una descripción general de los microorganismos de las salmueras y procesos biogeoquímicos de los ambientes hipersalinos, y 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 aves acuáticas residentes de una salina en relación con la existencia de patrones de éstas.

No obstante la relevancia que tiene la salina de Guerrero Negro para las aves acuáticas, el número de investigaciones relacionadas con este sector de la biodiversidad, es realmente escaso; y virtualmente nulo en lo que se refiere a las aves acuáticas residentes.

En ese contexto, estudiar los patrones ecológicos de la avifauna residente y las relaciones de éstos con las variables físicas y químicas ambientales de la salina y con la presencia de alimento, es importante para entender el funcionamiento de dicha salina como humedal artificial y el papel de las aves acuáticas residentes.

Adicionalmente, debido a la importancia que reviste el aspecto social y económico de la salina de Guerrero Negro en la región y para el país, es recomendable estudiar cada uno de sus componentes, para contar con mayores elementos de conocimiento científico que sirvan de apoyo a la toma de decisiones para las operaciones de la salina y manejo que pudieran repercutir en el corto, mediano o largo plazo en la conservación de las aves.

Hipótesis.

Las aves acuáticas residentes del humedal artificial que constituye la salina de Guerrero Negro presenta patrones ecológicos, los cuales se relacionan con una o más variables ambientales físicas y químicas, como salinidad de la salmuera, temperatura de la salmuera, pH, O₂ disuelto, y, con la presencia de alimento.

Objetivos.

1. Determinar la existencia de patrones ecológicos de 13 especies de aves acuáticas residentes de la salina de Guerrero Negro, B.C.S.
2. Identificar la relación existente de patrones ecológicos con las principales variables ambientales físicas y químicas de la salina.

Area de estudio.

Localización geográfica. El área de estudio, se ubica en la salina de la compañía Exportadora de Sal, S.A. de C.V., que se localiza en Guerrero Negro, Baja California Sur, 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 28°00'00" N, 113°50'00" W y 27°25'00" N y 114°10'00" W. Políticamente es parte del municipio de Mulegé (INEGI 1995).

Consta de 30,000 hectáreas que conforman 17 estanques o vasos de evaporación, y 3,000 hectáreas de estanques o vasos de cristalización (Fig. 1).

Fisiografía. El área de estudio bordea la salina de Guerrero Negro 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 1992). Al oeste el sitio de estudio colinda con la Laguna Ojo de Liebre.

Geología. 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).

Hidrología. La región carece de ríos y de arroyos efímeros y 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).

Edafología. 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 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).

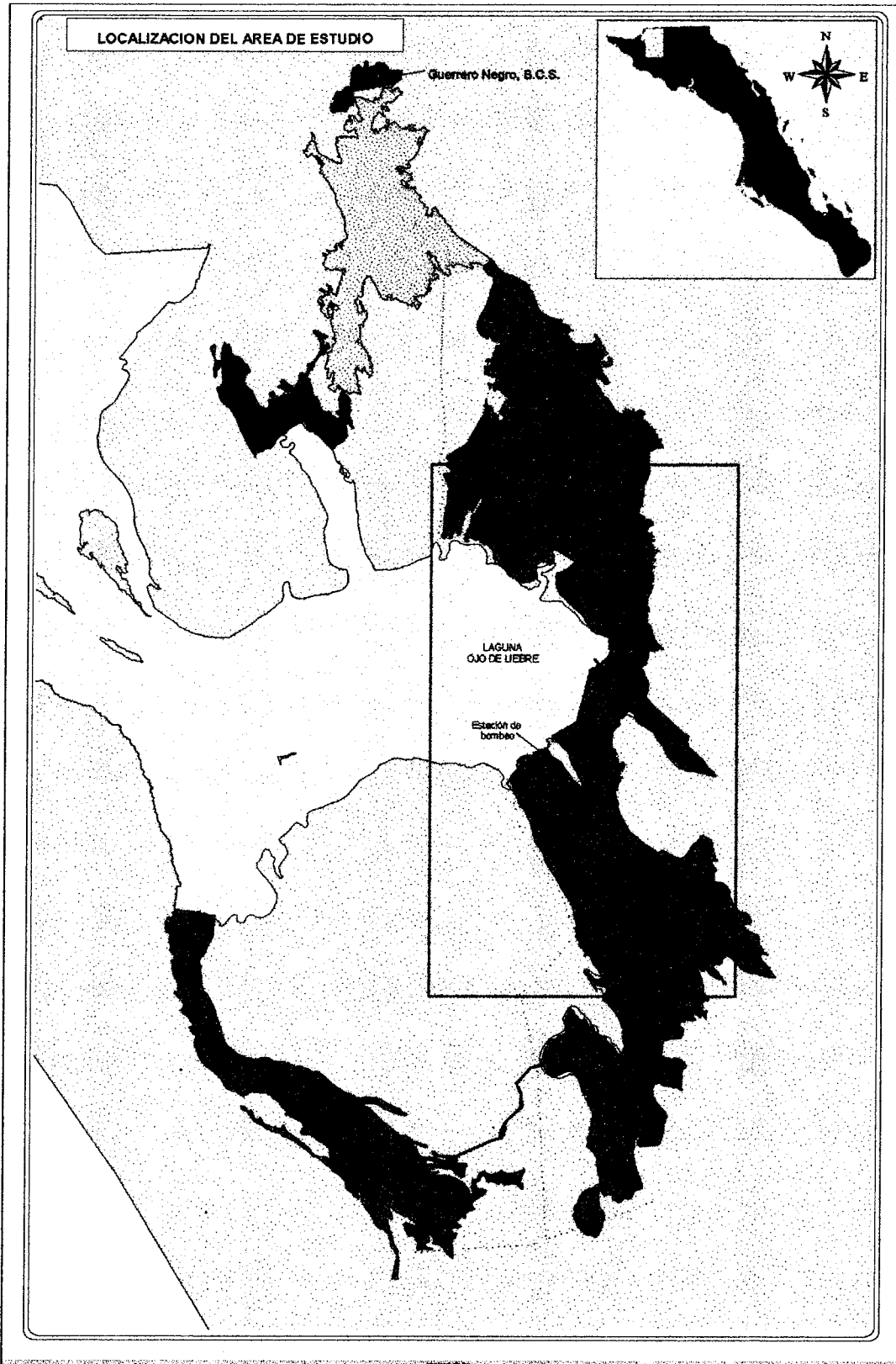


Figura 1. Localización del área de estudio

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).

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

Vegetación. El área de estudio está permanentemente inundada, por lo que propiamente la vegetación está presente sólo en el sustrato 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 este, corresponde a 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 (León de la Luz *et al.* 1991), con dominancia de *Spartina foliosa* y presencia de *Salicornia pacifica*.

Fauna. 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, 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 1988), y de reproducción de numerosas especies de aves acuáticas (Everet y Anderson 1991) en la península 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 el sitio de estudio se encuentran 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.

MATERIALES Y METODOS

Para el desarrollo y análisis del trabajo, se siguieron diversas metodologías:

A) METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA.

Se subdividió en dos partes: determinación de transectos, y, censado:

Determinación de transectos.

Dada la magnitud de la salina (33,000 Ha), el estudio fue llevado a cabo sólo en el sistema de concentración 3-A el cual integra 20,000 ha de vasos de concentración y que de acuerdo con estudios anteriores (Carmona y Danemann 1998, Peralta 2000) posee el mayor número de especies e individuos de aves acuáticas. El tipo de muestreo fue estratificado, en el que los transectos se ubicaron al azar y mediante una asignación proporcional a la superficie de cada tipo de hábitat.

Primeramente se agruparon en rangos de salinidad los nueve vasos en los que de acuerdo con estudios previos se ha indicado la presencia de aves (Carmona y Danemann 1998, Peralta 2000) constituyéndose así los estratos siguiendo la clasificación de Britton y Johnson (1987). Los vasos incluidos en cada estrato constituyeron los subestratos. Así, el estrato uno quedó conformado por el subestrato o vaso uno, con salinidad promedio <6%; el estrato dos se constituyó por los subestratos o vasos dos a ocho, cuyo rango

de salinidad es de seis a 14%; y, el estrato tres fue conformado por el vaso nueve, que tiene un rango salino de 14-20%. Cada subestrato constituyó un tipo de hábitat. Con ésto se procedió a hacer un muestreo piloto el cual consistió de 47 transectos de 100 x 1000 m (Fig. 2) más cuatro a seis metros que constituyen la mitad de los diques y su pendiente, sobre la periferia de los vasos:

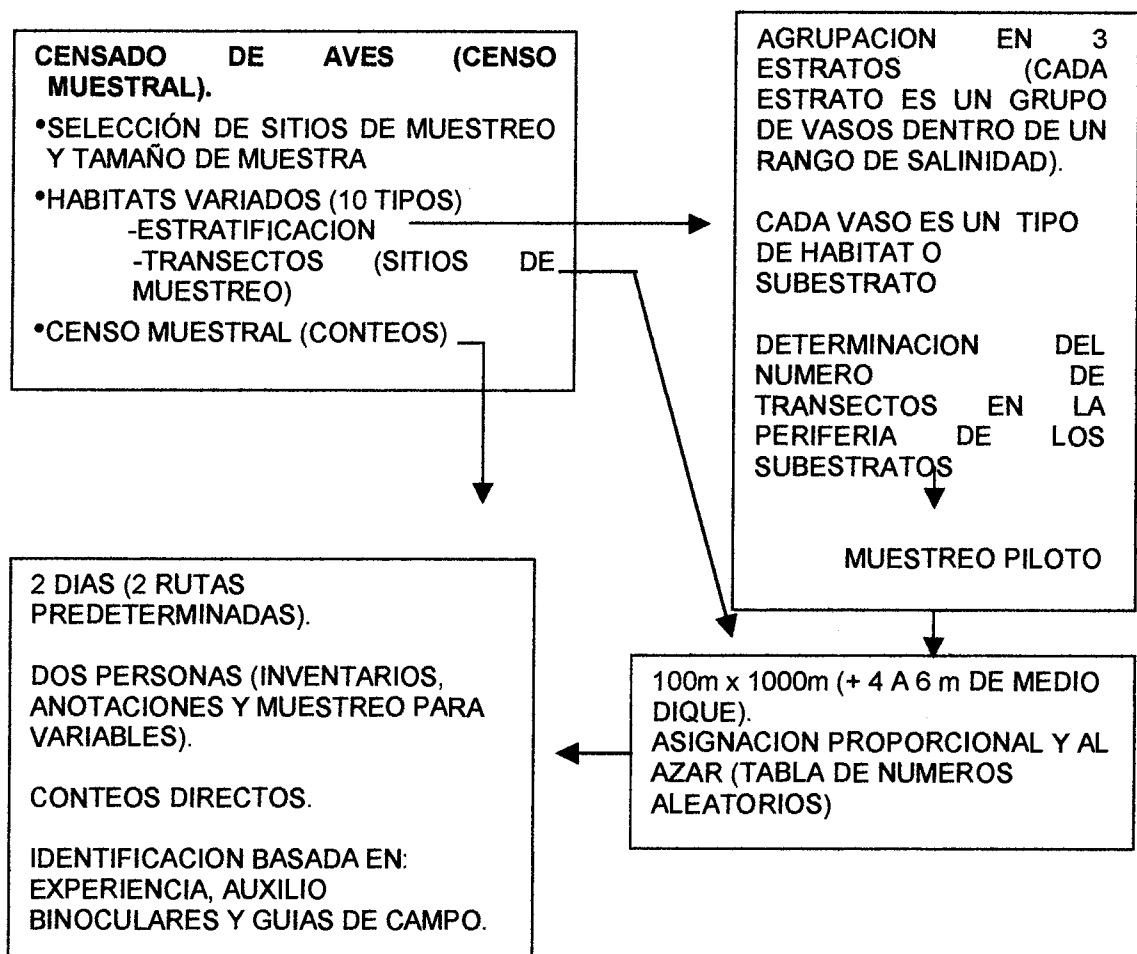


Figura 2. Diagrama que ilustra la metodología para selección de sitios de muestreo y conteos.

La Fig. 3 muestra el perfil del transecto de muestreo

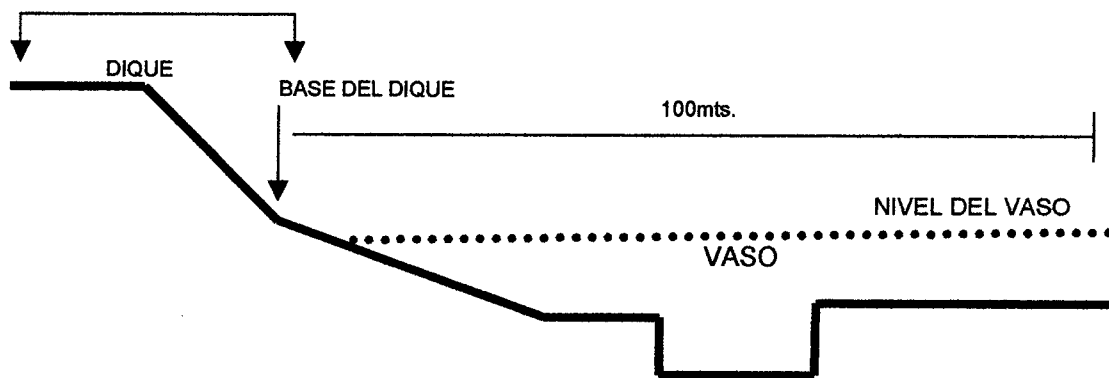


Figura 3. Perfil del transecto de muestreo.

Los transectos se ubicaron proporcionalmente a la longitud total de la periferia de cada vaso o sustrato (Fig. 4) de manera que al vaso de mayor tamaño le correspondió un mayor número de transectos y al más pequeño un menor número de transectos, con base en un tamaño muestral de $n=47$. La localización de estos transectos en el vaso, se determinó mediante el uso de mapa escala 1:50,000.

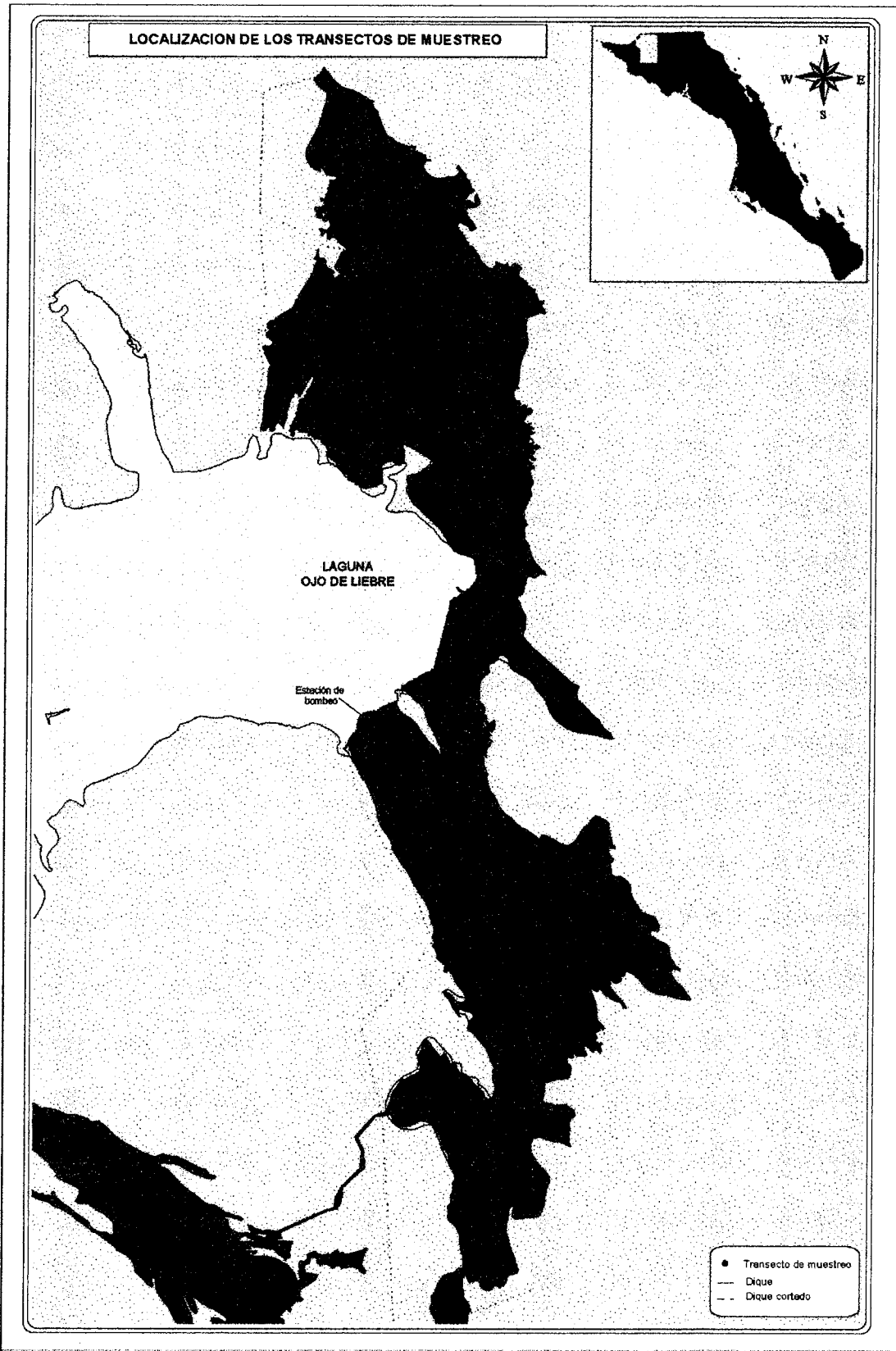


Figura 4. Localización de los transectos de muestreo.

Censado.

En los meses de mayo (primavera), agosto (verano) y noviembre (otoño) se llevaron a cabo muestreos en cada transecto (Fig. 4). Cada censo se realizó en 2 días, bajo rutas predeterminadas entre las 7:00 y 12:00 horas. Estos recorridos se llevaron a cabo por dos personas: una que hizo las observaciones; y otra las anotaciones. Todas las variables ambientales, excepto la temperatura de la salmuera, se hicieron por la tarde.

Los registros de aves se hicieron mediante conteos directos anotando las especies, el número de individuos por especie, precisando sitio y hora de observación, y su localización dentro del transecto. Se evitaron los conteos en días con lluvia, fuerte viento o temperaturas extremas para minimizar la interferencia causada por efectos climáticos (Nagarajan y Thiyagesan 1996).

La identificación y conteo de las aves se hizo con el auxilio de binoculares de 35X y de guías de campo (Robbins *et al.* 1983; Knopf 1994; The National Geographic Society 1987; Peterson y Chalif 1998).

B) DETERMINACION DE LAS VARIABLES AMBIENTALES.

En cada transecto se tomaron mediciones de las siguientes variables: salinidad, temperatura, pH, O₂ disuelto, y muestras en cada transecto de los substratos uno y dos para determinar la presencia de alimento (presas) para las aves acuáticas residentes.

Salinidad.

La salinidad se determinó en cada transecto del medio acuoso en cada censo. Cada muestra se tomó a media profundidad con un frasco de plástico de 0.3 litro el cual se cerraba con su propia tapa de rosca dentro de la salmuera. Enseguida, ya en el laboratorio, se medía la gravedad específica de cada muestra con el densímetro electrónico DMA 35. El dato analítico se transformó a porcentaje de salinidad según fórmula de Gieck y Gieck (2000).

Temperatura del medio acuoso (salmuera).

La temperatura de la salmuera se obtuvo con un termómetro escala de 0 a 60 °C, introduciendo el termómetro 10 cm en la salmuera (Nagarajan y Thiyagesan 1996). Las mediciones se hicieron en cada transecto de muestreo al tiempo que se hacía el censo de aves, hubiera o no aves presentes.

pH y O₂ disuelto.

Se efectuaron mediciones del pH y O₂ disuelto por transecto y censo. Se utilizó un aparato medidor de calidad de aguas, marca Horiba modelo U-10, para medir automáticamente el pH y el O₂ disuelto. Los electrodos se sumergían aproximadamente 20 cm en la columna de salmuera.

Presencia de alimento (peces, crustáceos y moluscos).

Se efectuaron tres arrastres con red agallera de malla de dos cm en los seis transectos del sustrato uno y en los tres transectos del sustrato dos, para

determinar la presencia de peces y crustáceos. Esto fue complementado con lances de atarraya. Además se efectuaron dos muestreos al azar con un cuadrante de 1 m² en cada transecto, según Sala (1999). Los peces se identificaron de acuerdo con Eschmeyer *et al.* (1987), los moluscos se identificaron de acuerdo con Zedler *et al.* (1992) y los crustáceos a partir de reportes internos de ESSA.

C) METODOLOGIA DE ANALISIS DE LA INFORMACION

Distribución.

Para cada uno de los sustratos o hábitats, se elaboró el listado de especies de aves acuáticas residentes presentes. Asimismo, se elaboraron matrices de presencia/ausencia por cada sitio y censo y por todos los censos en conjunto. También, la distribución de las aves se analizó sobre mapas de la salina, escala 1:50000, donde se desplegó la información de todas las especies registradas en cada sitio de muestreo, junto con los valores de las variables ambientales estudiadas.

Abundancia.

Las matrices de presencia/ausencia fueron complementadas con el número de individuos contados en cada censo y para los tres censos en conjunto. En el mapa de distribución se consignaron los números de individuos de cada especie por sustrato junto con las variables ambientales.

Se compararon los sitios para identificar aquellos que soportaron la mayor y la menor riqueza de especies. Se asoció el número de especies (riqueza específica) y número de individuos a los tipos de hábitat; y el número de especies y el número de individuos a las variables ambientales del hábitat.

VARIABLES AMBIENTALES.

Cada una de las variables ambientales de los muestreos realizados se graficó en forma directa para cada estación del año estudiada. En lo que se refiere a la variable presencia de alimento, se obtuvo un listado de especies de peces, crustáceos y moluscos presentes en los substratos uno y dos. Se consideró esta variable como condición del hábitat: "hábitat con alimento" donde se encontraron peces, crustáceos y moluscos; y "hábitat sin alimento" donde no se encontraron.

ASOCIACIONES A LOS TIPOS DE HÁBITAT Y A LAS VARIABLES AMBIENTALES DEL HÁBITAT.

Para determinar la asociación del número de especies a los tipos de hábitat, así como el número de individuos, se realizó la prueba de X^2 , que determina la asociación entre dos variables nominales mutuamente excluyentes. Se utilizó el paquete estadístico "Statistica", versión 5.1.

Para la asociación del número de especies y número de individuos a las variables ambientales, se realizó un análisis de correlación (Pearson ≤ 0.05), que mide la relación entre dos variables, una independiente y otra

dependiente, e identifica relaciones lineales. Posteriormente se realizó análisis de regresión lineal múltiple mediante el método stepwise, el cual permite discriminar variables que no tienen un efecto significativo en el modelo final y considera sólo aquellas que sí tienen un impacto significativo. Las variables riqueza de especies y número de individuos se consideraron como las variables dependientes, mientras que las variables ambientales (salinidad, temperatura de la salmuera, pH, oxígeno disuelto y presencia de alimento) se consideraron como las variables independientes. Ambos análisis se realizaron con el paquete "Statistica" versión 5.1. También se realizó un análisis de senderos utilizando para ello el paquete de álgebra de matrices denominado "Matlab", versión 4.2c.1. Este método es útil para indicar los factores, caracteres o variables ambientales que resultan más importantes en la determinación de la variable dependiente o característica de interés, y permite cuantificar las relaciones existentes entre todas las variables, siendo las variables independientes conocidas como causas o factores básicos o predictivos, y la variable dependiente como el efecto, variable de respuesta o simplemente respuesta (Reyes y Benavides 1993). En este caso, se utilizaron las variables ambientales como factores básicos, predictivos o causas, y el número de especies y número de individuos, de manera separada, como variables de respuesta, respuesta o efecto.

A) Composición de especies y abundancia.

Las 13 especies de aves acuáticas residentes bajo estudio corresponden a cinco grupos: láridos, ardeidos, pelecaniformes, falconiformes y carádridos. El mayor número de especies se encontró en los sustratos uno y dos, con nueve especies en el sustrato uno y ocho especies en el sustrato dos. En el sustrato cuatro se encontraron siete especies. Los sustratos con menor número de especies fueron el tres y 5A con tres especies cada uno, el 5B con una especie, el seis con dos especies, y el nueve con una especie. El vaso siete y ocho no registraron especies (Fig. 5).



Figura 5. Ocurrencia de especies por sustrato.

La riqueza de especies por estación del año, indica que el mayor número de especies se registró en el sustrato 1 en las tres estaciones del año estudiadas (Tabla I).

Tabla I. Número de especies por estación del año en cada sustrato.

	6	5	7
	4	4	3
	3	1	0
	0	4	5
	2	1	1
	1	0	0
	1	1	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	1

En lo que se refiere a la abundancia de individuos, los pelecaniformes fueron los más abundantes: 188 individuos de *Phalacrocorax auritus* (36.94% del total de individuos de las especies estudiadas) y 102 individuos de *Pelecanus occidentalis* (20.04%) seguido por el grupo de los láridos, con 152 individuos (29.86%) de *Larus occidentalis*, *Sterna antillarum* con seis individuos (1.18%) y *Sterna caspia* con un individuo (0.20%). Los menos abundantes fueron los ardeidos, falconiformes y carádridos: Los ardeidos estuvieron representados por 30 individuos (5.89%) de *Egretta thula*, siete individuos (1.38%) de *Egretta rufescens*, cinco individuos (0.98%) de *Ardea herodias* y cinco de *Nycticorax nycticorax* (0.98%), y, dos individuos (0.39%) de *Casmerodius albus*. Dentro de los falconiformes, se registraron siete individuos (1.38%) de *Pandion haliaetus* y dos

y tres especies de moluscos (presas para las aves). Los números de individuos que siguen en magnitud (60) corresponden al sustrato dos en el cual también se encuentran dos especies de peces que sirven de alimento para las aves; y, 53 individuos en el sustrato cuatro. No se registraron individuos en los sustratos siete y ocho, y sólo hubo el registro de dos individuos (*Larus occidentalis*) para el sustrato nueve.

Tabla II. Número de individuos por estación del año por cada sustrato.

39	179	117	335
23	18	19	60
3	1	0	4
0	44	9	53
2	1	1	4
23	0	0	23
27	1	0	28
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	2	2
117	244	148	509

Phalacrocorax auritus y *Egretta thula*, fueron las especies que incrementaron sus números en verano con respecto a primavera y otoño, y *Pelecanus occidentalis* incrementó el número de individuos en otoño con respecto a primavera y verano (Tabla III).

Tabla III. Número de individuos por especie por estación del año.

	32	146	10	188
	65	42	45	152
	0	32	70	102
	4	14	12	30
	2	2	3	7
	1	4	2	7
	6	0	0	6
	0	2	3	5
	2	1	2	5
	0	1	1	2
	2	0	0	2
	2	0	0	2
	1	0	0	1

B) Distribución

El grupo de más amplia distribución fue el de los láridos, debido a *Larus occidentalis*, la cual se encontró en los subestratos uno, dos, cuatro, 5A, 5B, seis y nueve, representando el 31.91% de los sitios censados, *Sterna caspia* y *Sterna antillarum* se observaron en el subestrato dos (2.13% del total de los transectos). Le siguió el grupo de los pelecaniformes con *Phalacrocorax auritus* que se registró

en los sustratos uno, dos, cuatro y 5A representando el 17.02% de los sitios, aunque *Pelecanus occidentalis* se localizó en los sustratos uno y dos, en el 12.77% de los sitios. A los pelecaniformes le siguieron en amplitud de distribución los falconiformes con *Pandion haliaetus* que se distribuyó en los sustratos uno, tres, cuatro y 5A (10.64% de los sitios), aunque *Falco peregrinus* sólo se registró en los sustratos cuatro y seis (4.26% de los transectos de muestreo). En el caso de los ardeidos, *Egretta rufescens* se observó en los sustratos uno, dos, tres y cuatro (10.64% de los sitios), *Ardea herodias* se registró en los sustratos uno, dos y cuatro (8.51% de los sitios), *Nycticorax nycticorax* se localizó en los sustratos dos, tres y cuatro (6.38% de los sitios), *Egretta thula* se registró únicamente en el sustrato uno (6.38% de los sitios), y *Casmerodius albus* se localizó en el sustrato uno (2.13% de los sitios). En el caso de los carádridos, *Charadrius alexandrinus*, se localizó también en el sustrato uno (2.13% de los sitios). (Tabla IV).

Tabla IV. Distribución espacial de las especies.

1, 2, 4, 5A, 5B, 6, 9	31.91
1, 2, 4, 5A	17.02
1, 3, 4, 5A	10.64
1, 2, 3, 4	10.64

	1, 2, 4	8.51
	2, 3, 4	6.38
	1, 2	12.77
	4, 6	4.26
	1	6.38
	1	2.13
	1	2.13
	2	2.13
	2	2.13

En la Fig. 7, se muestra un mapa con la distribución de las especies más comunes de aves acuáticas residentes.

La distribución temporal señala la presencia de 10 especies en primavera, nueve especies en verano y nueve especies en otoño (Tabla V). *Ardea herodias*, *Pelecanus occidentalis* y *Falco peregrinus* no se observaron en primavera. Tampoco se observaron *Casmerodius albus*, *Charadrius alexandrinus* y *Sterna antillarum* en verano y otoño.

Tabla V. Distribución temporal de las especies.

X	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X
---	X	X
X	X	X
---	X	X
---	X	X
X	X	X
X	---	---
X	---	---
X	---	---
X	---	---

Cuando se analizan de manera conjunta la distribución espacial y temporal, se aprecia que las especies se distribuyen mayormente en el sustrato uno para las estaciones del año estudiadas, y que el mayor número de especies diferentes también se presentan en este sustrato (Tabla VI). También, se observa que en los sustratos uno y dos en conjunto, se encontraron mayores números de especies que en el resto de los sustratos en conjunto.

Tabla VI. Distribución espacial y temporal del número de especies.

6	5	7	9
4	4	3	8
3	1	---	3
---	4	5	7

	2	1	1	2
	1	---	---	1
	1	1	---	2
	---	---	---	---
	---	---	---	---
	---	---	1	1

*Número de especies diferentes acumuladas.

La distribución y abundancia registradas, parecen guardar relación con la salinidad, oxígeno disuelto y presencia de peces, crustáceos y moluscos en los sustratos (Figs. 8, 9, 10, 11 y 12); es decir, el promedio de salinidad en el sustrato 1 es de 5.06 %, en el sustrato 2 de 7.15% y en el 4, de 7.97 %. El sustrato 1 es el único que posee una salinidad tan baja que permite la existencia de gramíneas acuáticas (*Zostera marina*), macroalgas (*Ulva* sp.) crustáceos (*Penaeus californiensis*, *Cancer* sp. y *Callinectes* spp.) y moluscos (*Chione* sp., *Silicua patula* y *Nassarius* sp.(?). Este sustrato registra además los peces que se mencionan en la Tabla VII. Estas potenciales presas (peces, crustáceos y moluscos) son utilizados por las aves acuáticas residentes para su alimentación (Fig. 13).

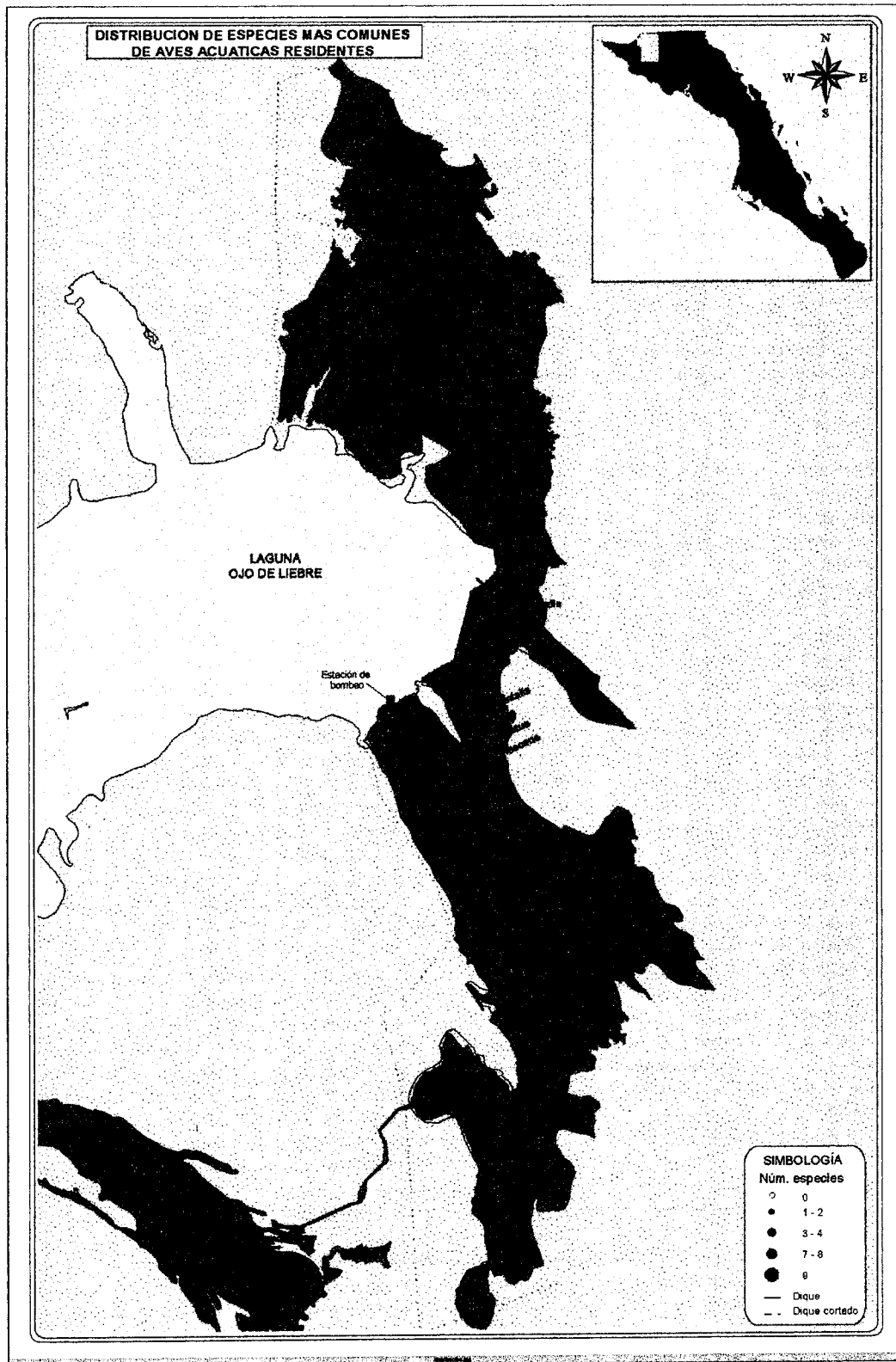


Figura 7. Distribución de especies más comunes de aves acuáticas residentes.

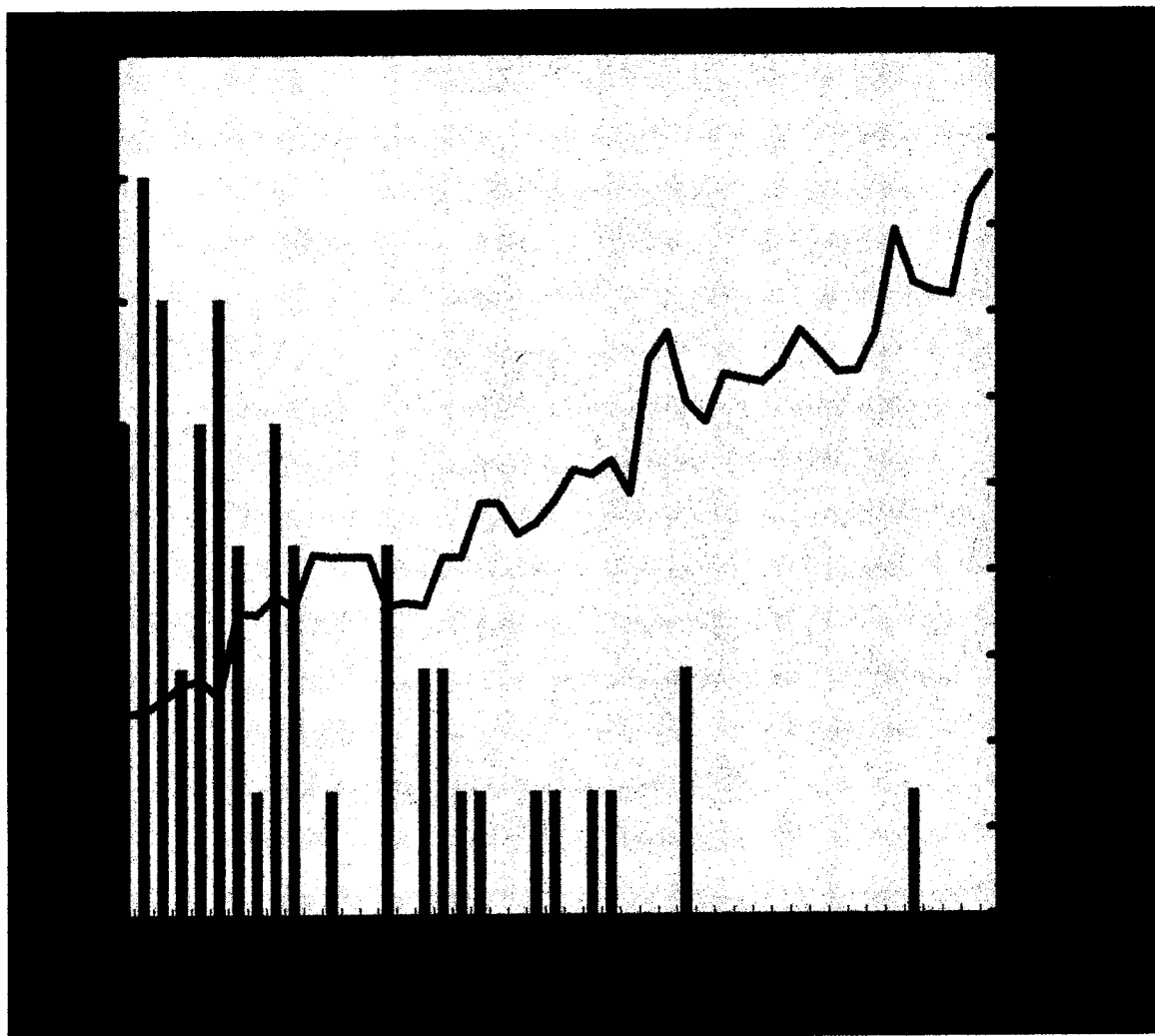


Figura 8. Relación del número de especies de aves acuáticas residentes con la salinidad.

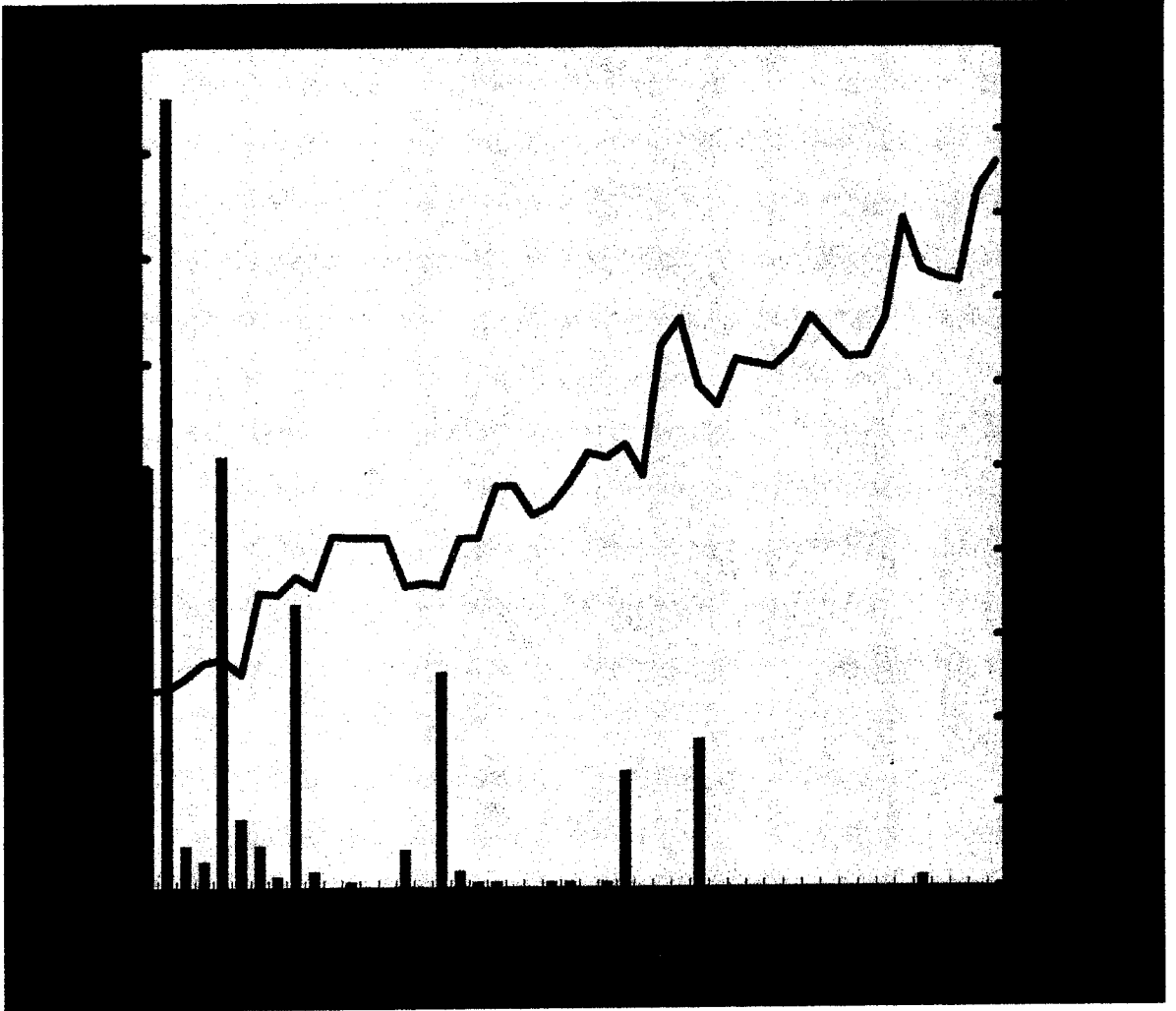


Figura 9. Relación del número de individuos de aves acuáticas residentes con la salinidad.

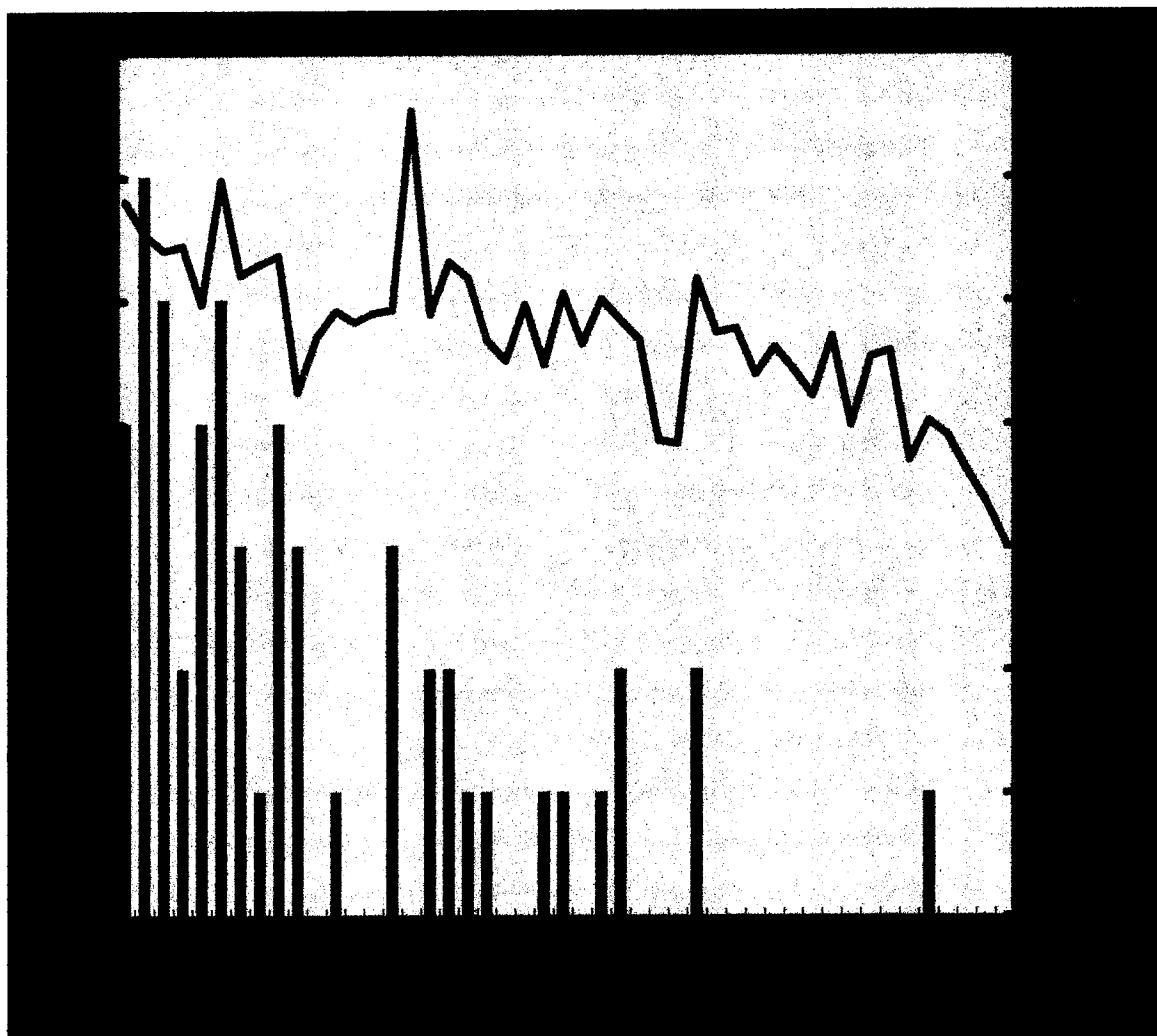


Figura 10. Relación del número de especies de aves acuáticas residentes con la concentración de oxígeno disuelto.

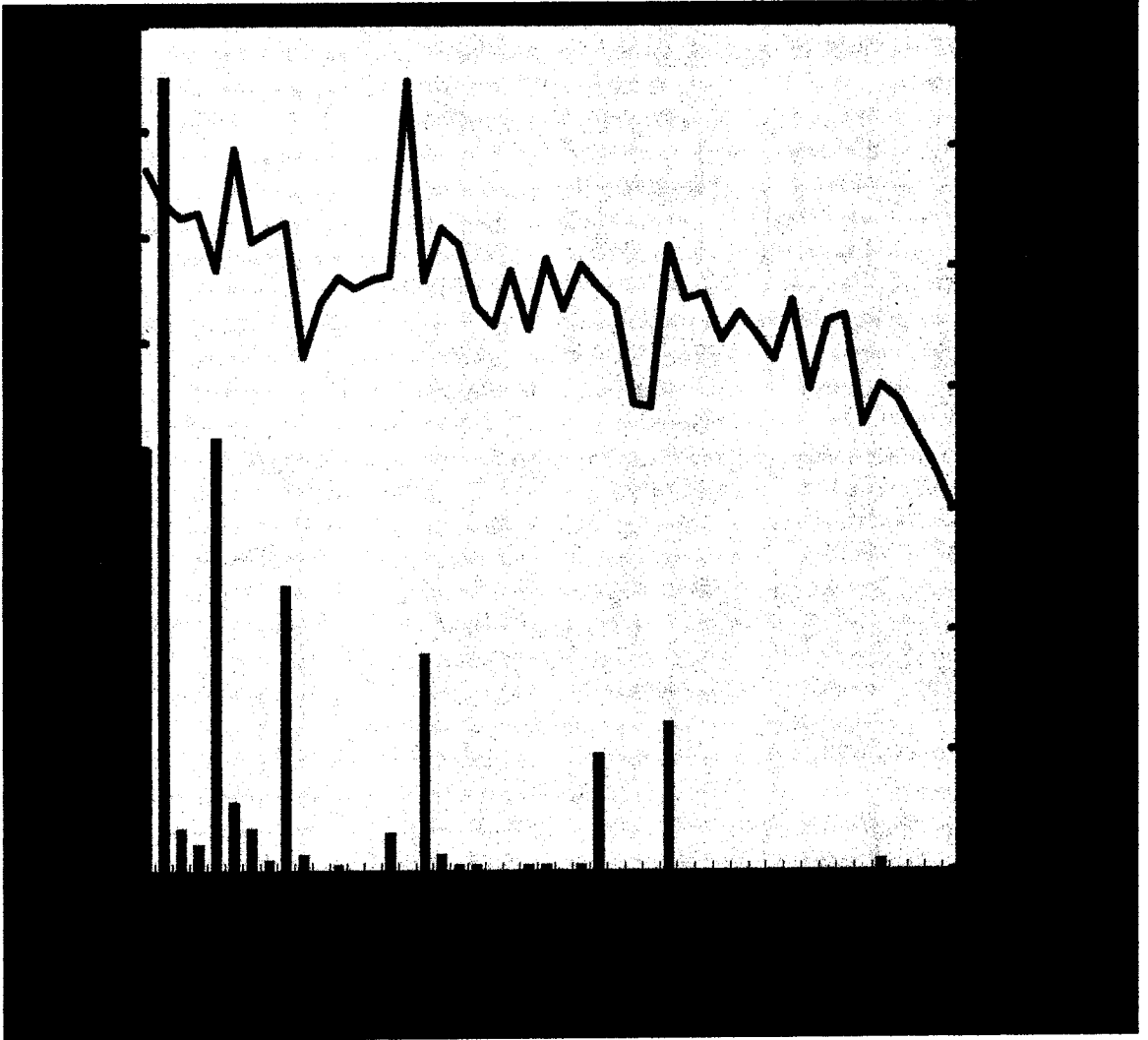


Figura 11. Relación del número de individuos de aves acuáticas residentes con la concentración de oxígeno disuelto.

5.5%	6.0%	6.8%	8.0%	9.1%	9.7%	10.3%	11.0%	14.5%	16.0%
L. occidentalis (++) P. auritus (++) P. occidentalis (++) P. haliaetus E. rufescens A. herodias E. thula C. albus (+) Ch. alexandrinus(+)	L. occidentalis P. auritus P. occidentalis E. rufescens A. herodias N. nyctycorax (+) S. caspia (+) S. artiliarum	P. haliaetus E. rufescens N. nyctycorax	L. occidentalis P. auritus P. haliaetus E. rufescens A. herodias N. nyctycorax F. peregrinus	L. occidentalis P. auritus P. haliaetus	L. occidentalis	L. occidentalis F. peregrinus (+)			L. occidentalis
9 ESPECIES 335 INDIVID.	8 ESPECIES 60 INDIV.	3 ESPECIES 4 INDIV.	7 ESPECIES 53 INDIV.	3 ESPECIES 4 INDIVID.	1 ESPECIE 23 INDIV.	2 ESPECIES 28 INDIV.			1 ESPECIE 2 INDIV.
18 ESPECIES DE PECES 3 ESPECIES DE CRUSTAC. Y 3 ESPECIES DE MOLUSCOS	2 ESPECIES DE PECES				SALMUERA				
	Artemia salina Podiceps n.	Artemia salina Podiceps n.	Artemia salina Podiceps n.	Artemia salina Podiceps n.	Artemia salina Podiceps n.	Artemia salina Podiceps n.	Artemia salina Podiceps n.	Artemia salina Podiceps n.	Artemia salina Podiceps n.
1	2	3	4	5A	5B	6	7	8	9

SUBSTRATOS

(++) Especies más abundantes

(+) Especies raras

Figura 12. Especies de aves acuáticas residentes en relación con la presencia de alimento en la salina de Guerrero Negro, B.C.S.

Tabla VII. Listado de peces, crustáceos y moluscos presentes en los substratos uno y dos.

PECES:	PECES
<p><i>Zapterix exasperata</i> <i>Dasvatis brevis</i> <i>Urolophus halleri</i> <i>Myliobatis californica</i> <i>Opisthonema libertate</i> <i>Sardinops caeruleus</i> <i>Hyporhamphus rosae</i> <i>Hyppocampus ingens</i> <i>Syngnathus auliscus</i> <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> <i>Eucinostomus currani</i> <i>Cynoscion parvipinnis</i> <i>Menticirrhus undulatus</i> <i>Mugil cephalus</i> <i>Gillichthys mirabilis</i> <i>Achirus mazatlanus</i> <i>Paralichtys californicus</i> <i>Sphoeroides annulatus</i></p>	<p><i>Opisthonema libertate</i> <i>Mugil cephalus</i></p>
<p>CRUSTACEOS <i>Farfantepenaeus californiensis</i> <i>Cancer sp.</i> <i>Callinectes sp.</i></p>	
<p>MOLUSCOS <i>Chione sp</i> <i>Silicua patula</i> <i>Nassarius sp.</i></p>	

El substrato dos posee valores menores de oxígeno (5.29 mg/l) y valores más altos de salinidad pero allí se encuentran también dos especies de peces que sirven de alimento a las aves acuáticas. El vaso cuatro aparentemente es utilizado

como sitio de percheo (Carmona y Danemann 1998, Peralta 2000) por las aves acuáticas residentes.



Figura 13. *Sterna antillarum* alimentándose de peces en el substrato uno.

C) Variables ambientales.

Salinidad. Las salinidades más bajas se presentan en los primeros substratos, para cualquier estación del año, y ésta aumenta conforme la salmuera se aleja de su punto de entrada en el substrato uno. El substrato con más baja salinidad fue el uno, con promedio de 5.05%. El substrato con más alta salinidad fue el nueve (promedio de 15.53%) (Fig. 14).

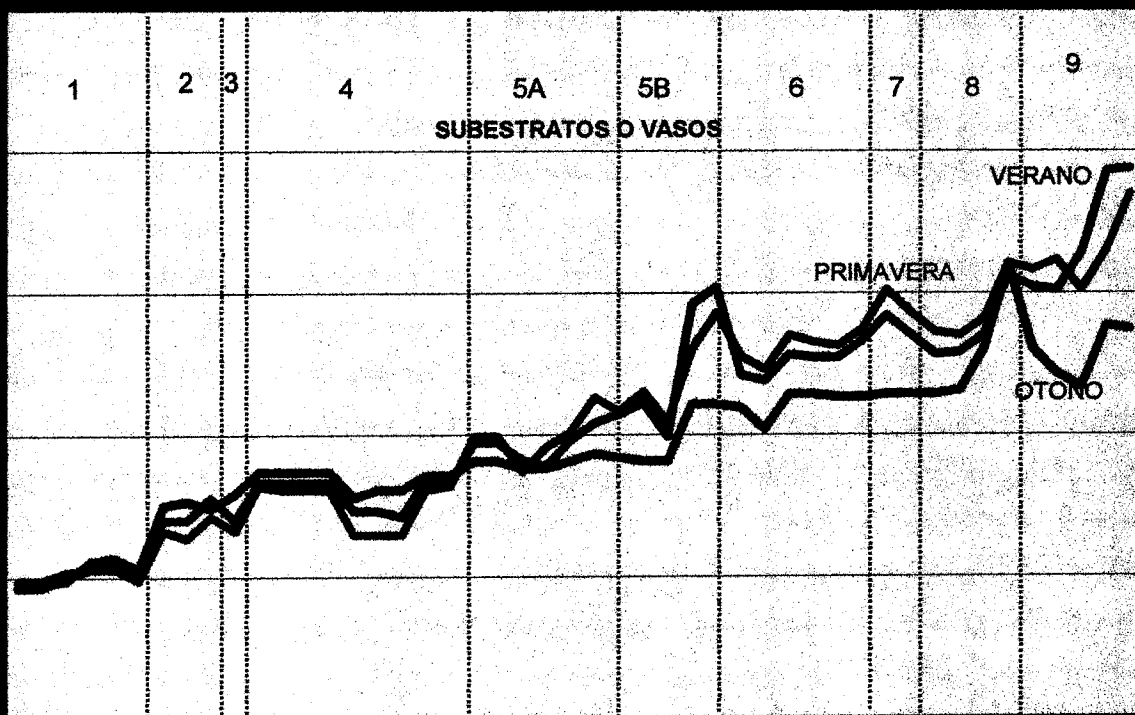


Figura 14. Salinidad de los substratos por estación del año.

Temperatura. La temperatura de la salmuera es más alta en verano, y tiende a incrementarse en los substratos más lejanos del punto de entrada de la salmuera. (Fig. 15):

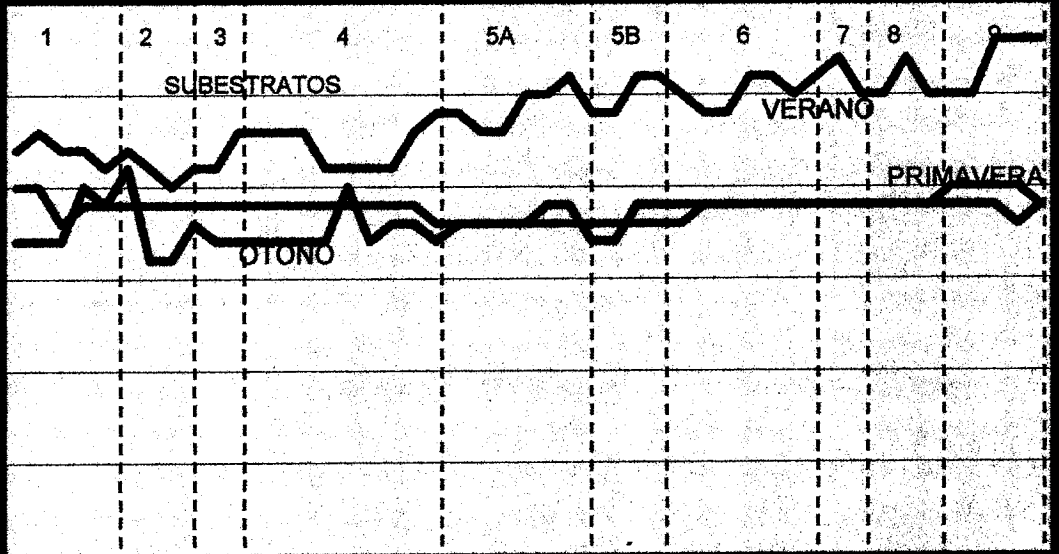


Figura 15. Temperatura de la salmuera en los substratos por estación del año.

pH. El pH es alcalino en todos los substratos y transectos estudiados. Los valores fueron bajos en el primer substrato, con un ligero incremento en el substrato dos y una tendencia a disminuir en los substratos siguientes (Fig. 16).

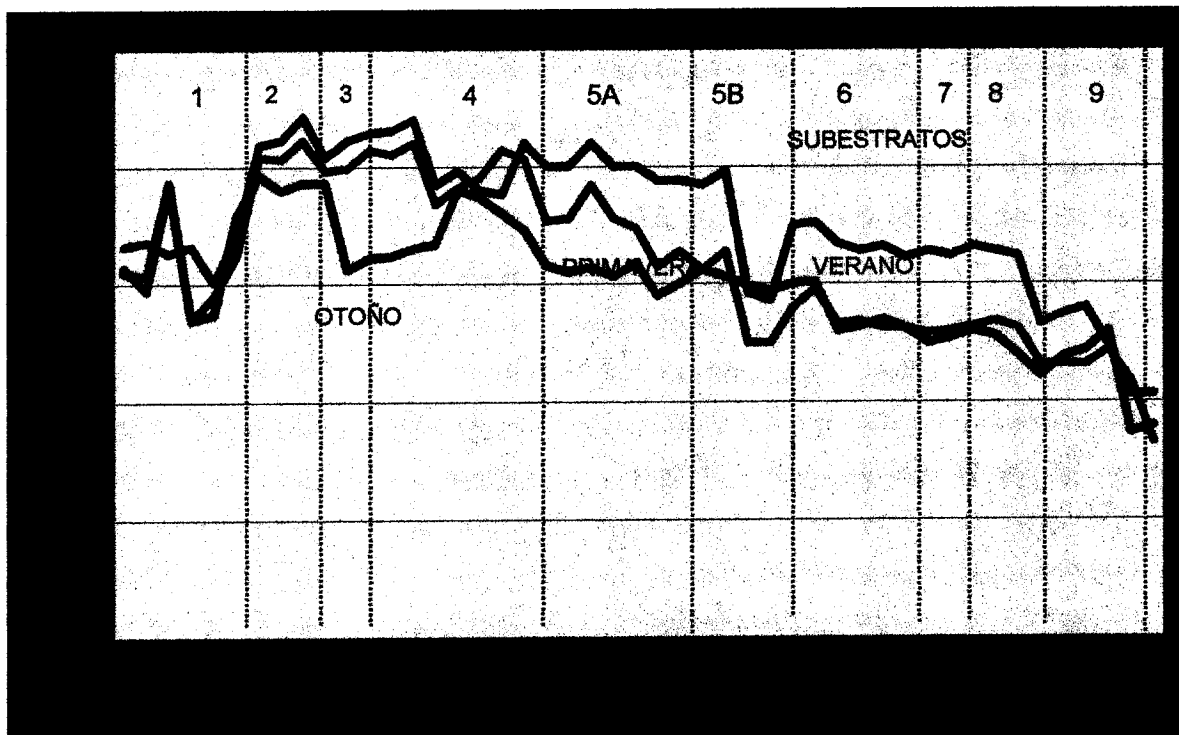


Figura 16. pH de los substratos por estación del año.

Oxígeno disuelto. Las mayores concentraciones promedio de O_2 disuelto están en en el primer substrato, disminuyen en los substratos dos y tres y tienen un repunte en los substratos cuatro a seis, teniendo una caída hasta 3.04 ppm cuando la salinidad aumenta en el sistema hasta el substrato nueve (Fig. 17).

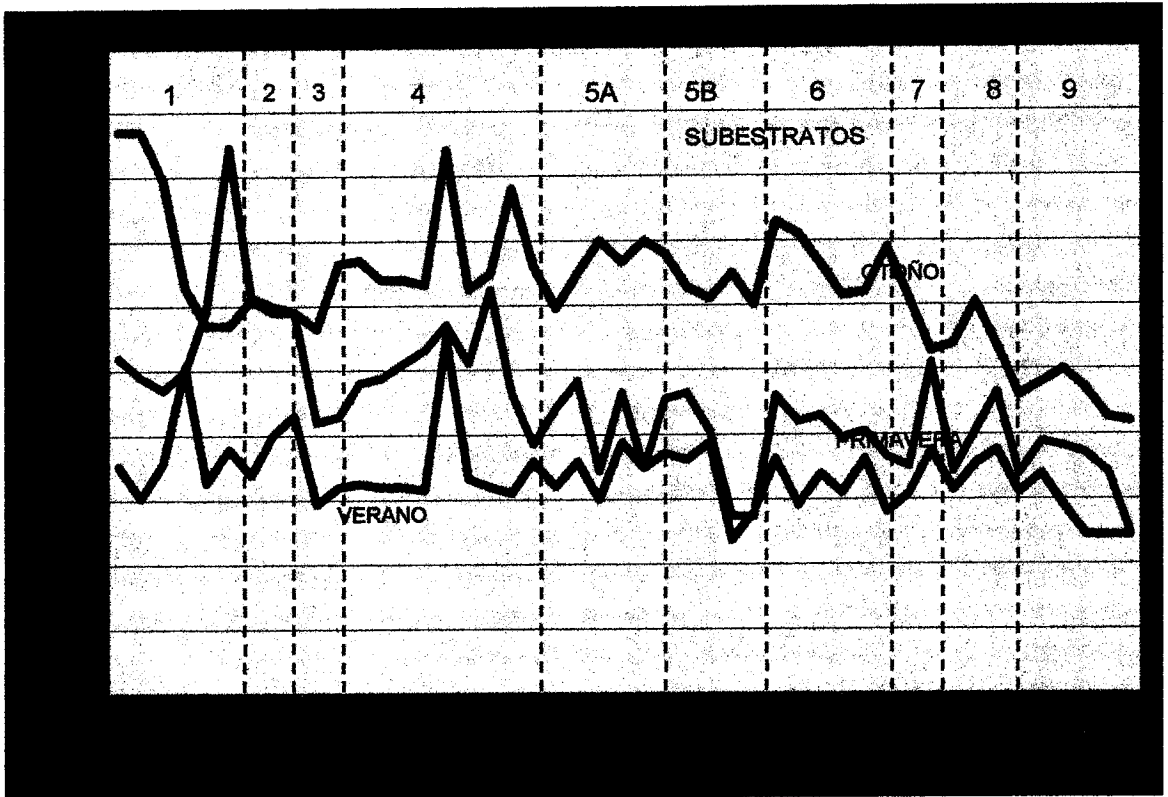


Figura 17. Oxígeno disuelto en los substratos por estación del año.

Presencia de alimento. Se encontraron 18 especies de peces, tres especies de crustáceos y tres especies de moluscos en el sustrato uno, y dos especies de peces en el sustrato dos (Tabla VII).

D) Asociaciones a los tipos de hábitat y a las variables ambientales

Asociación del número de especies a los tipos de hábitat.

Para la asociación del número de especies (Tabla VIII) a los tipos de hábitat, la prueba de X^2 arrojó resultados significativos ($X^2_9 = 78.76$, $p < 0.01$) rechazándose la hipótesis nula.

Tabla VIII. Número de especies por hábitat.

	9
	8
	3
	7
	3
	1
	2
	0
	0
	1

Asociación del número de individuos a los tipos de hábitat.

El análisis de X^2 realizado para determinar la asociación del número de individuos (Tabla IX) a los tipos de hábitat, tuvo un valor de $X^2_9 = 1,848.19$, $p < 0.01$

encontrándose entonces alta significancia estadística, por lo que se rechazó la hipótesis nula.

Tabla IX. Número de individuos por hábitat.

	335
	60
	4
	53
	4
	23
	28
	0
	0
	2

Asociación del número de individuos a las variables ambientales.

El análisis de correlación (Pearson $P \leq 0.05$, $n = 47$) para la variable ambiental salinidad, mostró una correlación negativa significativa ($r = -0.4715$, $p = 0.001$) con la variable dependiente número de individuos (Tabla X), indicando con ello que

conforme se incrementa la salinidad en los sustratos considerados en el muestreo, el número de individuos, disminuyó linealmente (Fig. 18).

Tabla X. Matriz de correlación entre las variables independientes (ambientales) y las variables dependientes (número de individuos y número de especies).

1.0000	-.8298*	.8159*	-.7657*	-.4715*	-.7160*
p= ---	p= 000*	p= 000*	p= .000*	p= .001*	p= 000*
-.8298*	1.0000	-.5982*	.6773*	.3660*	.5521*
p= .000*	p= ---	p= .000*	p= .000*	p= .011*	p= .000*
.8159*	-.5982*	1.0000	-.8633*	-.2466	-.5046*
p= .000*	p= 000*	p= ---	p= .000*	p=.095ns	p= .000*
-.7657*	.6773*	-.8633*	1.0000	.0536	.3238*
p= .000*	p= .000*	p= .000*	p= ---	p= .720ns	p= .026*
-.4715*	.3660*	-.2466	.0536	1.0000	.7194*
p= .001*	p= .011*	p= .095	p= .720	p= ---	p= .000*
-.7160*	.5521*	-.5046*	.3238*	.7194*	1.0000
p= .000*	p= 000*	p= .000*	p= .026*	p= 000*	p= ---

*Nivel de significancia $P \leq 0.05$.

ns= correlación no significativa

TEMP.= Temperatura; N.I. Número de individuos; N.E. Número de especies

Esto mismo fue corroborado mediante el análisis de regresión lineal múltiple, el cual determinó que la variable de mayor impacto y significativa sobre la variable

número de individuos, fue la variable ambiental salinidad, por lo que el modelo final para la variable dependiente se redujo a un modelo de regresión lineal simple, quedando de la siguiente manera: $Y = 51.208 - 3.968 * (X)$, donde Y = número de individuos y X = salinidad.

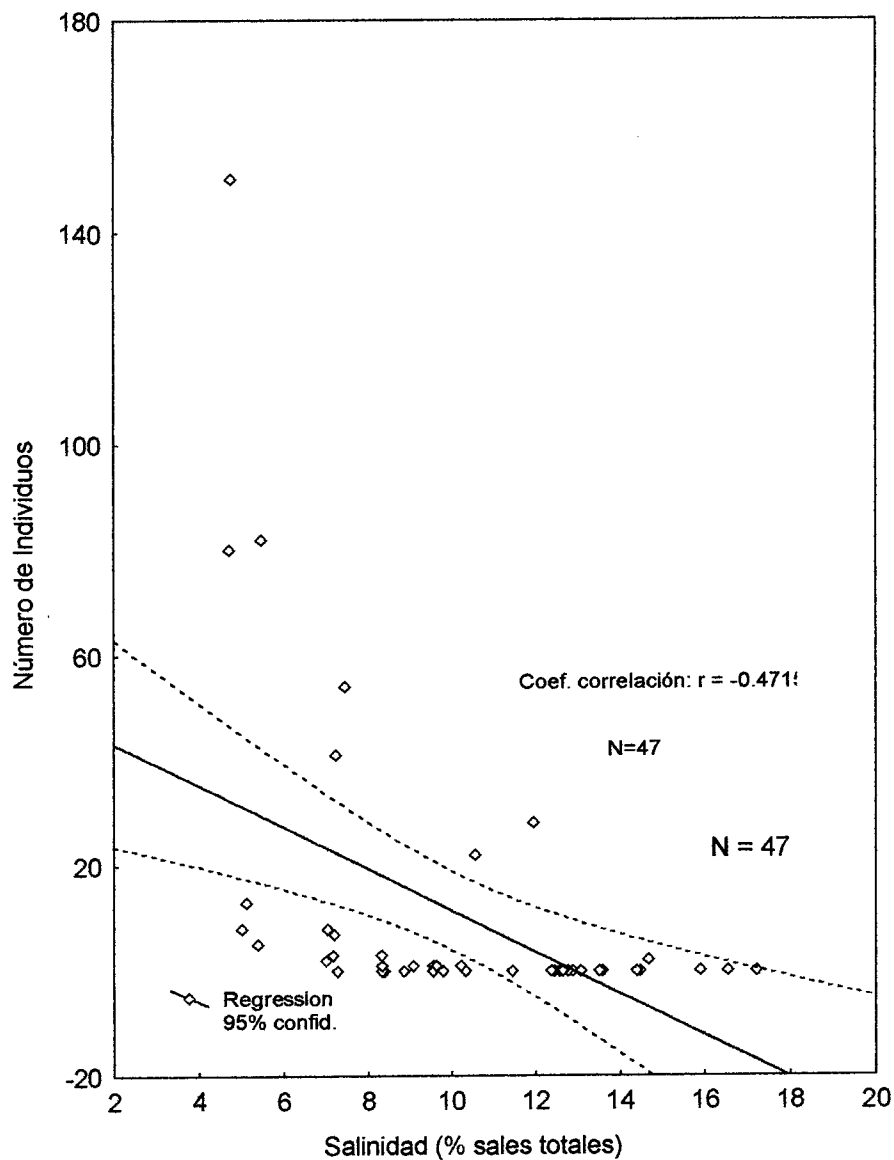


Figura 18. Relación entre salinidad y número de individuos.

Por otro lado, el análisis de senderos (Tabla XI) mostró que la salinidad tiene un efecto directo alto y negativo (-0.8670) sobre el número de individuos, lo que indica que a mayor salinidad el número de individuos es menor.

Tabla XI. Cuadro de efectos directos e indirectos de las variables ambientales sobre el número de individuos.

	-0.8670	-0.0866	-0.2071	0.6892	-0.4715*
	0.7195	0.1043	0.1518	-0.6096	0.3660*
	-0.7074	-0.0624	-0.2538	0.7770	-0.2466ns
	0.6639	0.0707	0.2191	-0.9000	0.0536ns

□ = Efectos directos; TEMP.= Temperatura; ns= Correlación no significativa
C.N.I. = Correlación con número de individuos

Con respecto al oxígeno disuelto, el análisis de correlación de Pearson indicó que la relación con el número de individuos fue significativa (Tabla X) lo que sugiere que el número de individuos es mayor donde las concentraciones de oxígeno son más altas (Fig. 19). Sin embargo, el análisis de regresión lineal múltiple no incluyó esta variable independiente, debido a que en el análisis de correlación múltiple se encontró una correlación alta con la variable salinidad (Tabla X), por lo que su inclusión en el modelo no permitiría cumplir con los supuestos del análisis de regresión al presentarse el fenómeno de colinealidad. Sin embargo, para corroborar lo anteriormente planteado se incluyó a dicha variable junto con la

variable salinidad utilizando el método stepwise, el cual efectivamente discriminó a la variable oxígeno, para considerar solamente la variable salinidad como aquella que mayor impacto tiene sobre la variable dependiente número de individuos. Por otro lado, el análisis de senderos confirmó la relación existente entre esta variable con el número de individuos, ya que se presentó un efecto directo positivo, sin embargo, el análisis también indica que la variable oxígeno ejerce un efecto mayor pero indirecto (0.7195) a través de la variable salinidad (Tabla XI).

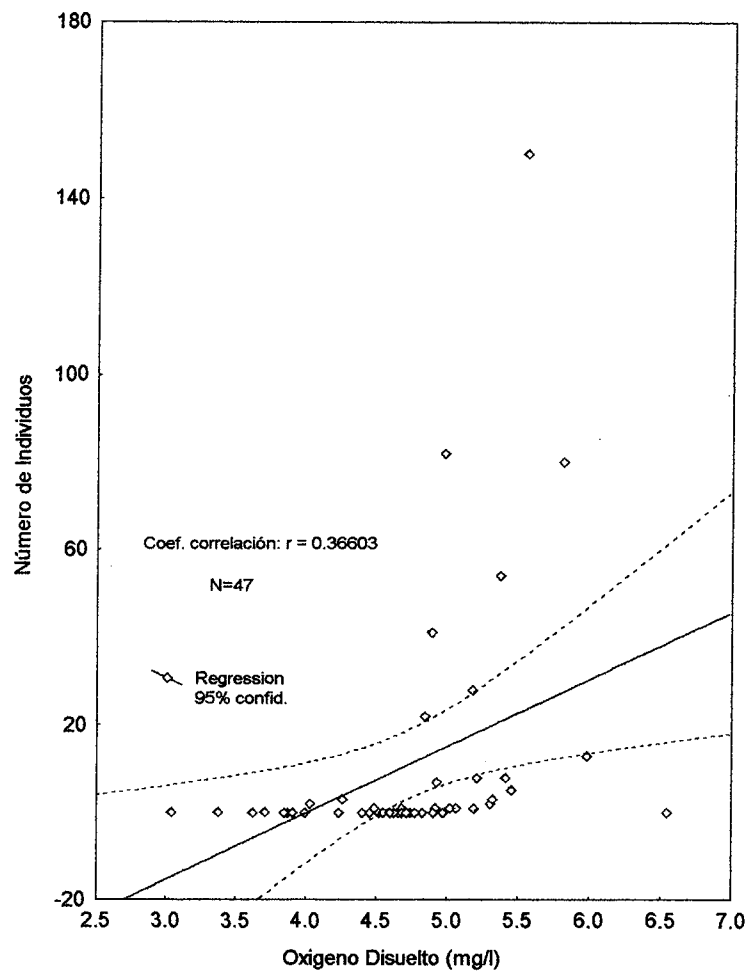


Figura 19. Relación del oxígeno disuelto con el número de individuos

El análisis de correlación de otras variables ambientales (temperatura y pH de la salmuera de los sitios muestreados) que hipotéticamente pudieran estar relacionadas con la variable dependiente número de individuos no arrojó resultados significativos (Tabla X). Además, ambas variables ambientales mostraron una correlación significativa con la variable ambiental salinidad (Tabla X), por lo que la inclusión de éstas en el análisis de regresión lineal múltiple no fue factible debido a que no se estaría cumpliendo con los supuestos del análisis de regresión, al igual que con la variable oxígeno, evitando con ello el fenómeno de colinealidad, dejando sólo a la variable salinidad como aquella que aporta mayor información al modelo de regresión lineal. Por otro lado, el análisis de senderos realizado muestra que no existe un efecto significativo de la temperatura y del pH sobre el número de individuos (Tabla XI), pero sí existe un efecto indirecto de esta última variable sobre el número de individuos a través de la salinidad.

Adicionalmente, se encontró que existe asociación del número de individuos (Tabla XII) a los hábitats con alimento ($X_9^2 = 1,848.19$, $p < 0.01$), por lo cual se rechazó la hipótesis nula (no existe asociación del número de individuos a los hábitats con alimento) al haber significancia estadística, aceptándose la hipótesis alterna correspondiente.

Tabla XII. Número de individuos por hábitat en relación con la presencia de alimento.

335	18 especies de peces, 3 especies de crustáceos 3 especies de moluscos
60	2 especies de peces
4	1 especie de ave
53	1 especie de ave
4	1 especie de ave
23	1 especie de ave
28	1 especie de ave
0	-----
0	-----
2	1 especie de ave

-----= Sin presencia de alimento

Asociación de la riqueza específica a las variables ambientales.

El análisis de correlación realizado (Pearson $P \leq 0.05$, $n = 47$) indicó una correlación significativa y negativa (Tabla X) de la variable ambiental salinidad con la variable riqueza específica, indicando con ello que a mayor salinidad el número de especies será menor en los sitios de muestreo (Fig. 20). Por otro lado, el análisis de regresión lineal también consideró la variable salinidad como significativa al incluirla en su modelo, por lo que se concluye que la riqueza específica está asociada con dicha variable. El análisis de senderos mostró que la salinidad tuvo un efecto directo alto y negativo (-1.0111) (Tabla XIII) sobre el número de especies, lo que es indicativo de que el mayor número de especies se encuentra en sitios con las salinidades más bajas.

Tabla XIII. Cuadro de efectos directos e indirectos de las variables ambientales sobre el número de especies.

	-1.0111	-0.0223	-0.2182	0.5356	-0.7160*
	0.8390	0.0269	0.1600	-0.4737	0.5521ns
	-0.8250	-0.0161	-0.2674	0.6038	-0.5046
	0.7742	0.0182	0.2309	-0.6994	0.3238

= Efectos directos; TEMP.= Temperatura; ns= Correlación no significativa; C.N.E. Correlación con número de especies

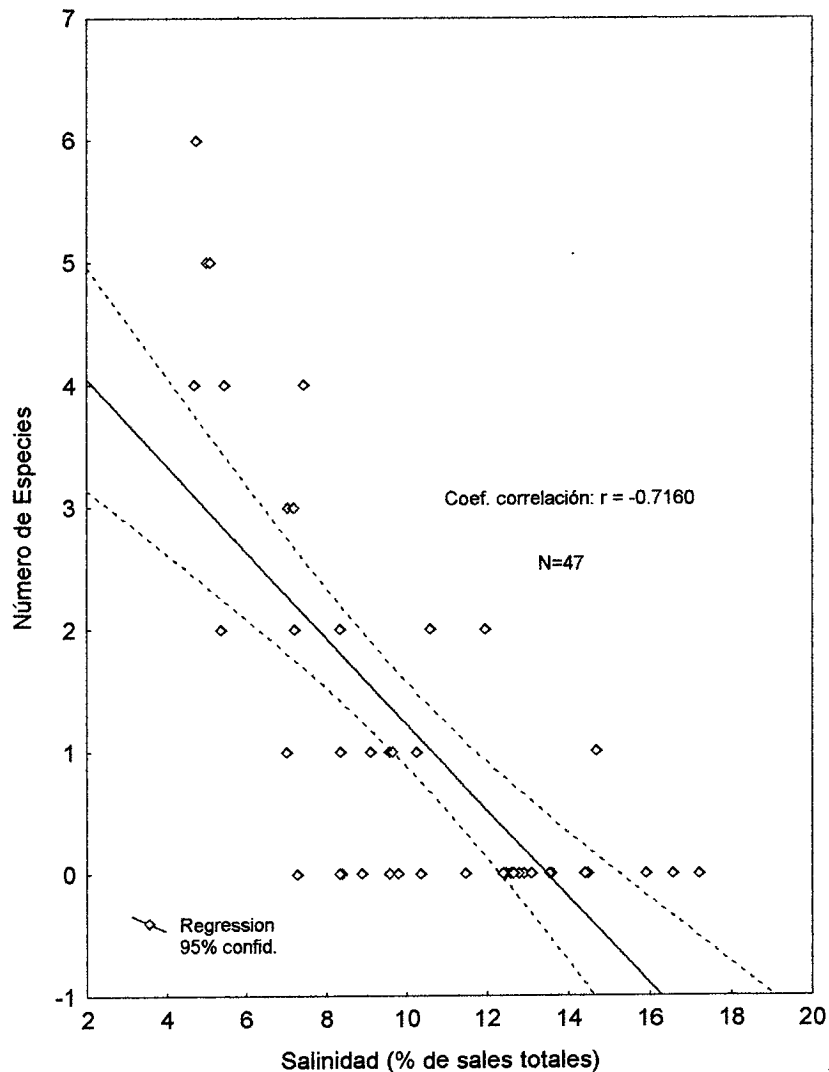


Figura 20. Relación de la salinidad con el número de especies.

Con respecto a la variable ambiental oxígeno disuelto, el análisis de correlación (Pearson $P \leq 0.05$, $n=47$) indicó que existe una relación significativa y positiva ($r=0.5521$, $p < 0.01$) entre esta variable y el número de especies (Tabla X) por lo que sugiere que el número de especies es mayor donde las concentraciones de oxígeno son mayores (Fig. 21). El análisis de regresión lineal múltiple por el método stepwise considerando otras variables como la salinidad, discriminó a la

variable oxígeno, pero además su inclusión no es válida por la relación que existe entre ésta y la salinidad (Tabla X) evitando con ello que se presentara el fenómeno de la colinealidad. Esto fue corroborado con el análisis de senderos, ya que esta variable tuvo un efecto directo positivo pero relativamente bajo (0.0269) sobre el número de especies, pero mostró un efecto indirecto relativamente grande (0.8390) hacia esta variable dependiente, a través de la variable ambiental salinidad (Tabla XIII).

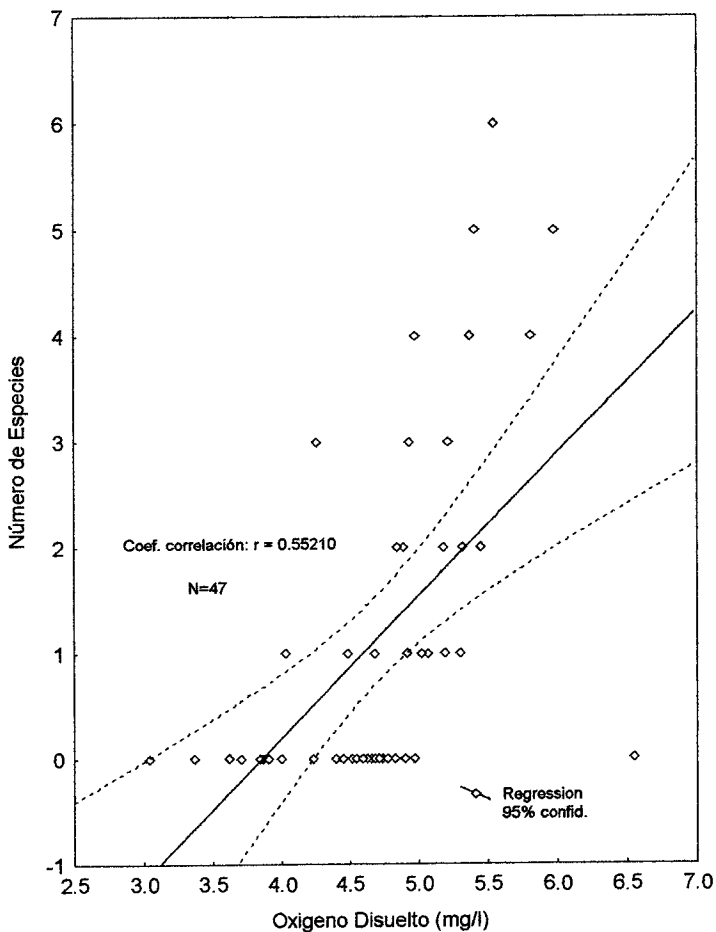


Figura 21. Relación del oxígeno disuelto con el número de especies

En lo que se refiere a la temperatura, el análisis de correlación (Pearson $P \leq 0.05$, $n = 47$) señala que existe una relación significativa pero negativa con respecto a la riqueza específica ($r = -0.5046$, $p < 0.01$) (Tabla X), lo que sugiere que esta variable tiene una relación directa lineal ya que parece indicar que a mayores temperaturas el número de especies se reduce linealmente y viceversa (Fig. 22). La inclusión de esta variable independiente en el análisis de regresión lineal múltiple no permite que se cumplan los supuestos del análisis de regresión, por lo que fue discriminada. El análisis de senderos mostró que existe un efecto directo negativo y bajo (-0.2674) con la variable número de especies, y que ejerce un efecto indirecto mayor (-0.8250) a través de la variable ambiental salinidad (Tabla XIII).

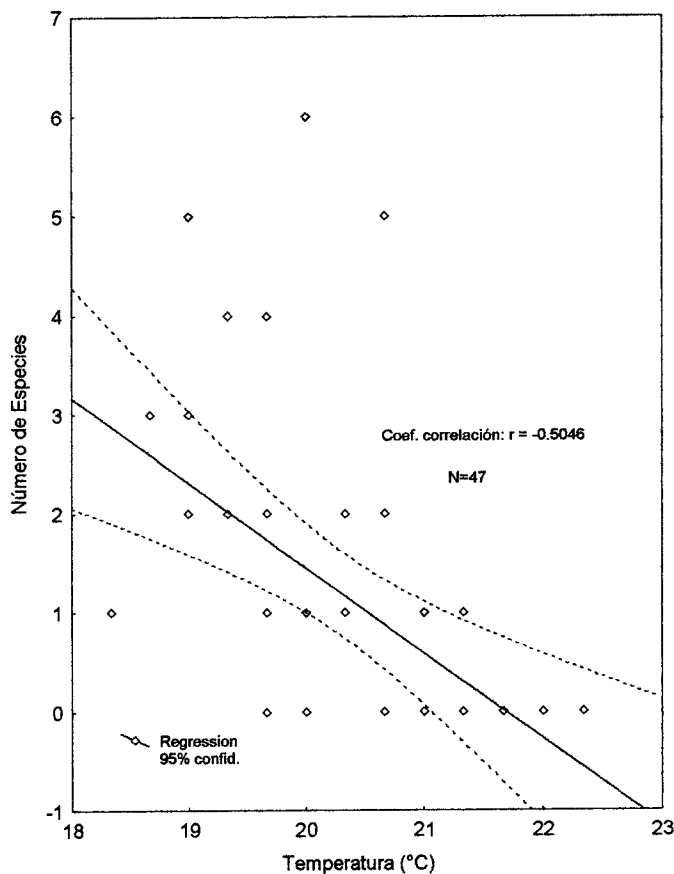


Figura 22. Relación de la temperatura con el número de especies

Para la variable pH, el análisis de correlación (Pearson $P \leq 0.05$, $n=47$) indicó que existe relación significativa y positiva entre esta variable y el número de especies ($r= 0.3238$, $p < 0.05$) (Tabla X), indicando con ello que a mayor valor de pH el número de especies sería mayor. Por otro lado, el análisis de regresión lineal múltiple mostró que la inclusión de esta variable junto con salinidad y temperatura, mejora sustancialmente dicho modelo, pero en virtud de la fuerte asociación entre pH y salinidad (Tabla X), la inclusión de esta variable no se consideró para no incurrir en el fenómeno de la colinealidad. El análisis de senderos muestra un efecto negativo directo y significativo del pH sobre el número de especies (-0.6994), sin embargo, ejerce un efecto indirecto mayor (0.7742) a través de la variable ambiental salinidad (Tabla XIII), debido a que ambas variables mostraron una correlación significativa con un valor alto (Tabla X).

Presencia de alimento. El análisis de X^2 realizado para determinar la asociación del número de especies a los hábitats con alimento, tuvo un valor de $X^2_9 = 78.76$, $p < 0.01$, por lo que al haber significancia estadística se rechazó la hipótesis nula (no existe asociación del número de especies de aves acuáticas residentes a los hábitats con alimento -peces, crustáceos y moluscos-), aceptándose por lo tanto la hipótesis alterna, estableciéndose que existe asociación del número de especies de aves acuáticas residentes a los hábitats con alimento debido a la presencia de presas para alimentación.

Tabla XIV. Número de especies por tipo de hábitat en relación con la presencia de alimento.

9	18 especies de peces, 3 especies de crustáceos 3 especies de moluscos
8	2 especies de peces
3	1 especie de ave
7	1 especie de ave
3	1 especie de ave
1	1 especie de ave
2	1 especie de ave
0	-----
0	-----
1	1 especie de ave

-----= Sin presencia de alimento

A) Abundancia

El mayor numero de especies e individuos se encuentra en los subestratos uno y dos probablemente debido a las siguientes razones:

- De acuerdo con los resultados de este trabajo, los subestratos uno y dos poseen salinidades cercanas a la del agua de mar, además de valores de concentración de oxígeno disuelto que permiten la existencia de peces, crustáceos y moluscos, los cuales representan la fuente de alimento de las aves acuáticas residentes. Estos resultados son acordes con el trabajo de Nagarajan y Thiyagesan (1996) quienes encontraron que las características fisicoquímicas del agua determinan en gran medida la presencia de las comunidades de aves acuáticas, primariamente por el impacto directo o indirecto de dichas características en la disponibilidad y abundancia de presas para las aves, lo cual concuerda también con las conclusiones de Britton y Johnson (1987) y de Arengo y Baldassarre (1998). Los primeros encontraron que las especies de aves acuáticas en la Salina de Giraud, Francia, evitan los vasos de alta salinidad, donde no existen presas para alimentación; los segundos, encontraron que en la salina Las Coloradas, en Yucatán, México, los flamings y otras aves como cormoranes, pelícanos y garzas, se distribuyen en vasos donde existen presas para alimentación.
- El subestrato cuatro, que registró siete especies, posee una salinidad que no permite la existencia de presas de alimentación para las aves bajo

estudio, pero es utilizada como posadero debido a la presencia de un largo dique intermedio (aproximadamente 12 km de longitud) que rodea al sustrato uno (donde está la fuente principal de alimento). Los resultados del presente trabajo en lo que se refiere a la ausencia de formas conspicuas de vida (peces, crustáceos o moluscos) en los sustratos tres a nueve que pudieran servir de alimento a las aves acuáticas residentes, coinciden con los resultados de algunos estudios realizados en la salina de Guerrero Negro (Javor 1989, Farmer 1992). La utilización de algunas áreas del sustrato cuatro como posaderos por las aves encontrado en este trabajo, también es acorde con lo registrado por Carmona y Danemann (2000), quienes encontraron que las lenguas de arena y bajos en el sustrato mencionado, son sitios de posadero para cormoranes.

- Los vasos tres, 5A, 5B, seis, siete, ocho y nueve poseen una alta salinidad, y consecuentemente menores concentraciones de oxígeno disuelto, igual que el sustrato cuatro, lo que limita la existencia de presas de alimentación. El vaso tres sólo comparte una esquina con el vaso uno y dos, por lo que aunque está relativamente cerca de estos últimos, no es ampliamente utilizado como sitio de percheo. El resto de los vasos, además, está alejado de la fuente principal de alimento que es el vaso uno y aún más alejado del vaso dos. En el vaso nueve sólo se observaron dos individuos de *Larus occidentalis*, puesto que allí había *Podiceps nigricollis*, especie a la cual *Larus occidentalis* le extrae el buche una vez que la mata para alimentarse de la *Artemia salina* que ha consumido (Obs. Pers.).

- En los vasos siete y ocho no se observaron aves acuáticas residentes porque estos vasos, al igual que los vasos tres, 5A, 5B, seis y nueve, poseen una alta salinidad. Esta alta concentración de sales evita la sobrevivencia de presas como peces, crustáceos y moluscos (Schmidt-Nielsen 1976). Posiblemente la ausencia de presas para alimentación, explica el que no se encontraran aves acuáticas residentes. Las especies de aves acuáticas residentes que potencialmente se podrían haber encontrado, podrían haber sido *Pandion haliaetus* (sobrevolando o perchada), *Falco peregrinus* (sobrevolando, cazando o perchada) o *Larus occidentalis* (sobrevolando o cazando *Podiceps nigricollis*). Quizá si hubiera habido *Podiceps* se podrían haber observado al menos *Larus occidentalis*, porque lo depreda.

Los resultados de abundancia de individuos por especie obtenidos en este trabajo, confirman la generalidad encontrada en los estudios en la zona realizados por Carmona y Danemann (1998) y Peralta (2000), cuyos registros señalan que *Phalacrocorax auritus*, *Larus occidentalis* y *Pelecanus occidentalis* son las especies residentes más abundantes en la salina, y que el resto de las especies bajo estudio (*Egretta thula*, *Pandion haliaetus*, *Egretta rufescens*, *Sterna antillarum*, *Ardea herodias*, *Nycticorax nycticorax*, *Falco peregrinus*, *Casmerodius albus*, *Charadrius alexandrinus* y *Sterna caspia*) son menos abundantes.

Verano fue la estación con mayor número de individuos, debido al incremento en los números de *Phalacrocorax auritus* así como por la presencia de *Pelecanus occidentalis*. El incremento en número de individuos de *Phalacrocorax auritus* se debe a que esta especie deja atrás su temporada reproductiva que es de marzo a julio (Carmona y Danemann 2000) así como sus sitios de reproducción en la laguna Ojo de Liebre dispersándose hacia otras zonas de la región. Parte de estos individuos incrementarían los números en la salina durante el final del verano. De manera similar, el incremento del número de individuos en otoño con respecto a primavera, se debe al incremento en el número de individuos de *Pelecanus occidentalis* en la salina, una vez que finalizó su época reproductiva que ocurre entre enero y julio, estando sus sitios de anidación a aproximadamente 100 km de distancia. Al finalizar su época reproductiva se dispersan y una parte vendría a sumarse a los individuos del interior del sistema salinero (Carmona y Danemann 2000).

B) Distribución

Dentro de los láridos, *Larus occidentalis* es la especie de más amplia distribución posiblemente debido a que es una especie omnívora que se alimenta de restos de peces, crustáceos y moluscos en los substratos uno y dos, pero también de la *Artemia salina* que “almacenan” en el buche los *Podiceps nigricollis*. *Podiceps nigricollis* se distribuye desde el substrato uno hasta el substrato nueve, y por esta razón es que *Larus occidentalis* es la especie que resultó con más amplia distribución en la salina. Durante el estudio,

no se observó *Podiceps nigricollis* en los substratos siete y ocho, y consecuentemente tampoco *Larus occidentalis*. En el caso de los pelecaniformes, *Phalacrocorax auritus* se alimenta de peces en el substrato uno y se le encontró utilizando como sitios de percheo los substratos dos, cuatro y 5A, los cuales se reportan en este trabajo como sus áreas de distribución. De manera similar, *Pandion haliaetus* y los miembros de otros grupos como los ardeidos (*Ardea herodias*, *Egretta rufescens*, *Egretta thula* y *Casmerodius albus*), pelecaniformes como *Pelecanus occidentalis*, y carádridos como *Charadrius alexandrinus*, aprovechan la existencia de la fuente de alimentación que representa el substrato uno, inclusive *Charadrius alexandrinus* aprovecha las moscas *Ephydra* sp. como alimento (Javor 1989); y adicionalmente, *Ardea herodias*, *Sterna caspia*, *Sterna antillarum* y *Pelecanus occidentalis*, también se observaron en actividad de alimentación en el substrato dos. Esto explicaría la presencia de las especies mencionadas tanto en el substrato uno como en el substrato dos, así como la distribución de *Larus occidentalis* hasta el substrato nueve. *Pandion haliaetus*, aprovecha como sitios de percheo las barras y "playas" del substrato cuatro y algunas estacas utilizadas como ubicación de antiguos sitios de muestreo por personal de la salinera, por lo que su distribución se encontró hasta este último substrato, sin descartar que un mayor esfuerzo de muestreo o estudios complementarios quizá llegaran a indicar una distribución más amplia, como lo identifican Carmona y Danemann (1998) y Peralta (2000). No es de extrañar que el área de distribución de *Falco peregrinus* se haya registrado en los substratos cuatro y seis, ya que en estas áreas se encuentra *Podiceps*

nigricollis, que forma parte de su dieta alimenticia (Obs. Pers.). También, quizá por razones de utilización de áreas como sitios de percheo, *Egretta rufescens*, *Ardea herodias* y *Nycticorax nycticorax* se extienden hasta el sustrato cuatro. Con la excepción de *Larus occidentalis* y *Falco peregrinus*, el resto de las especies mantiene su presencia y cercanía (aprox. 15 km cuando más lejos) de la fuente de alimentación que representan los sustratos uno (principalmente) y dos.

No obstante estudios preliminares (Danemann y Carmona 2000, ESSA 2000, Peralta 2000) según los cuales se establece la existencia de 20 especies de aves acuáticas residentes en la salina de Guerrero Negro, el presente trabajo sólo abordó las 13 especies más conspicuas basado en los resultados del estudio preliminar de campo. Sin embargo, los resultados del presente trabajo muestran que no todas las especies (entre ellas *Ardea herodias*, *Casmerodius albus*, *Pelecanus occidentalis*, *Falco peregrinus*, *Charadrius alexandrinus* y *Sterna antillarum*) están presentes todo el tiempo en el conjunto del sistema de sustratos estudiados, quizá debido a las siguientes posibilidades:

- a) Las seis especies mencionadas son raras en la salina, lo cual pudo conducir a omitirlas del muestreo, aún cuando estuvieran presentes.
- b) Las seis especies mencionadas efectivamente no estaban en los sitios de muestreo. Podrían haberse encontrado en el sistema de sustratos "Salitrales", distante 25 km del sitio de estudio, el cual es un sistema de vasos concentradores similar al estudiado en este trabajo, también dentro de la salina, donde existen sustratos con las mismas características de salinidad y

con presencia de peces, crustáceos y moluscos que servirían como fuente alimenticia para las aves acuáticas residentes.

- c) También podrían haberse encontrado en las marismas de la laguna Ojo de Liebre que bordean los substratos estudiados y que se haya establecido un comportamiento de estas especies durante el día de “entrar y salir” de la salina.

En el presente trabajo se demuestra que al analizar de manera conjunta la distribución espacial y temporal de las especies de aves acuáticas residentes estudiadas, éstas se distribuyen mayormente en el substrato uno en todas las estaciones del año bajo estudio, y que en conjunto en los substratos uno y dos se registró un mayor número de especies comparado con el que agrupa el resto de los substratos. Como se estableció en la sección de resultados de esta tesis, se observa que hay asociación de las especies e individuos a los tipos de hábitat. Asimismo, se corroboró la asociación del número de especies y del número de individuos registrados con la salinidad. Así que debido posiblemente a las condiciones de salinidad prevalecientes en los substratos mencionados, además de las concentraciones adecuadas de oxígeno disuelto, se permite la existencia y sobrevivencia de varias especies de peces, crustáceos y moluscos que servirían de alimento a las especies de aves acuáticas residentes que allí se localizan.

C) Asociaciones a los tipos de hábitat y a las variables ambientales

Asociación del número de especies y número de individuos a los tipos de hábitat.

Los resultados encontrados en este trabajo indicaron que el número de especies y el número de individuos está asociado a los tipos de hábitat, ya que éstos prefieren sitios con la más baja salinidad donde se favorece la existencia de presas para su alimentación, y evitan las áreas con salinidades más altas donde esas presas disminuyen o no existen. Se encontró diferencias altamente significativas estadísticamente por lo que se concluye que el número de especies y el número de individuos están asociados a los tipos de hábitat con más baja salinidad.

Asociación del número de individuos a las variables ambientales.

Existe asociación del número de individuos a la salinidad, en el sentido de que conforme se incrementa la salinidad disminuye su número. Es decir, donde existe menor salinidad, como en los sustratos uno y dos, se registró el mayor número de individuos, y donde la salinidad es mayor (excepto en el vaso cuatro) como en los sustratos tres a nueve, el número de individuos disminuye. Esta disminución en función del incremento de salinidad, se podría explicar como una función de la disminución de presas para su alimentación (Britton y Johnson 1987, Arengo y Baldassarre 1998) las que a su vez siendo estenohalinas, fisiológicamente no pueden soportar una alta concentración de sales debido a que no están adaptadas para regular su concentración osmótica ante una alta concentración salina externa

(Giese 1975, Schmidt-Nielsen 1976) ni tampoco son capaces de sobrevivir largo tiempo en bajas concentraciones de oxígeno disuelto. De acuerdo con Davis (1980) y Britton y Johnson (1987), la salinidad es una de las variables ambientales que juegan un papel importante en la distribución y abundancia de los organismos en los ecosistemas acuáticos, de tal forma que en vasos de baja salinidad los organismos son variados en especies y abundancias, y la productividad y la estabilidad son altas. A medida que la salinidad se incrementa, hay un decremento en la diversidad de los organismos.

Con respecto a la variable oxígeno disuelto, ésta ejerce un efecto indirecto sobre el número de individuos a través de la salinidad, debido probablemente al alto valor de correlación del oxígeno con esta última variable, lo que indicaría que el oxígeno en realidad está actuando sobre la salinidad y ésta sobre el número de individuos. El efecto indirecto del oxígeno sobre el número de individuos a través de la salinidad, se explicaría al considerar que la concentración de oxígeno disuelto disminuye al disminuir su solubilidad al aumentar la concentración de sales (salinidad) en el medio; es decir, que a medida que la salinidad se incrementa la concentración de O_2 disuelto disminuye (Carpelan 1953, Scott 1970, Davis 1980, Sammy 1983 y Javor 1989), siendo la salinidad la que ejerce el efecto directo sobre el número de individuos.

El número de individuos no se encontró asociado a la temperatura. Esto puede deberse a que el grupo de aves estudiadas tiene una tolerancia genética de tal

magnitud que está dentro del rango en que se registran las temperaturas de la salmuera en el sitio de estudio (mín. 16 °C en otoño y máx. 23 °C en verano en las fechas de estudio para los substratos con mayor número de especies, y mín. 17 °C en otoño y máx. 28 °C en verano en los substratos con menor o nulo número de especies). Esta suposición, concuerda con Schmidt-Nielsen (1976) y con Krebs (1985). El primero, establece que algunos animales tienen una tolerancia muy estrecha mientras que otros poseen una tolerancia muy amplia a la temperatura, e inclusive, los límites de tolerancia a la temperatura de un animal no son fijos, y, frecuentemente, el ámbito de la tolerancia es distinto para una misma especie tanto en la época más fría como en la más cálida. Asimismo, el concepto de conductancia de Schmidt-Nielsen (1976), incluye el flujo de calor de las partes más profundas del cuerpo de un animal a la superficie de la piel y desde ésta hasta el medio ambiente que lo rodea. Cuando la conductancia es baja significa que el aislamiento es elevado, y en el caso de algunas aves sus mecanismos fisiológicos hacen que su tasa metabólica aumente en proporción a la presión impuesta por el frío, y viceversa. En algunas otras aves, se puede conseguir una reducción de la conductancia por debajo de temperaturas críticas ambientales inferiores conforme ésta descende. Krebs (1985) apoya el concepto de que las especies tienen un límite superior e inferior de tolerancia a la temperatura, pero que también se aclimatan fisiológicamente a condiciones de temperatura diferentes. Establecer si las aves acuáticas residentes estudiadas en esta tesis, poseen una adaptación genética común a este grupo, o han desarrollado una aclimatación fisiológica o una estrategia o mecanismo conductual (cazar y volar

inmediatamente, en vez de permanecer posado en la salmuera, por ejemplo) como para que el número de individuos no se asocie a la temperatura de la salmuera, requiere de más estudios.

Los resultados de este trabajo indicaron que no existe un efecto directo significativo del pH sobre el número de individuos, pero que sí existe un efecto indirecto del pH sobre esta variable dependiente a través de la salinidad. Este efecto indirecto, se refiere al hecho encontrado en este trabajo en el sentido de que el pH disminuye conforme la salinidad se incrementa, siendo la salinidad la que ejerce el efecto directo sobre el número de individuos, lo cual es acorde con los estudios realizados por Britton y Johnson (1987) y por Javor (1989).

Asociación de la riqueza específica a las variables ambientales.

Los aspectos mencionados para la salinidad (págs. 67 y 68) en relación con la asociación del número de individuos a esta variable, son igualmente válidos para la discusión de la asociación de la riqueza específica a ésta; es decir, por un lado las tres pruebas estadísticas mostraron que existe asociación del número de especies de aves acuáticas residentes a la salinidad, ya que conforme se incrementa la salinidad disminuye el número de especies (excepto para el sustrato cuatro donde su largo dique perimetral vecino del vaso uno sirve de posadero próximo a la fuente principal de alimento –presas-). Los resultados del presente trabajo sugieren que efectivamente donde la salinidad es menor, como en los sustratos uno y dos, se registró el mayor número de especies, y donde la

salinidad es mayor, como en los substratos cuatro a nueve, el número de especies disminuye. La posible explicación a este comportamiento, se relaciona con la fisiología y osmorregulación de las presas, que siendo estenohalinas no pueden sobrevivir en ambientes hipersalinos (Giese 1975, Schmidt-Nielsen 1976). Al disminuir o no existir presas para alimentación, por lo tanto disminuiría el número de especies de aves acuáticas residentes.

De la misma manera, la argumentación efectuada en relación con los elementos para discutir la asociación del número de individuos al oxígeno disuelto (pág. 68) es válida en lo que se refiere a la asociación del número de especies a esta variable, es decir, que ejerce un efecto indirecto sobre el número de individuos a través de la salinidad, y por lo tanto sobre el número de especies, debido probablemente al alto valor de correlación del oxígeno con esta última variable, lo que indicaría que el oxígeno en realidad está actuando sobre la salinidad y ésta sobre el número de individuos y consecuentemente sobre el número de especies. El efecto indirecto del oxígeno sobre el número de individuos a través de la salinidad, se explicaría al considerar que la concentración de oxígeno disuelto disminuye al disminuir su solubilidad al aumentar la concentración de sales en el medio; es decir, que a medida que la salinidad se incrementa la concentración de O_2 disuelto disminuye (Carpelan 1953, Scott 1970, Davis 1980, Sammy 1983 y Javor 1989), y es la salinidad la que ejerce el efecto directo sobre el número de individuos y sobre el número de especies.

La colinealidad en estadística se da cuando dos o más variables independientes están estrechamente relacionadas, de manera que un aumento o disminución en magnitud de una de ellas afecta a la otra (Sokal y Rohlf 1995) y frecuentemente el resultado de una prueba estadística puede dar significancia; pero a la luz del análisis de los datos y de la experiencia de quien interpreta los resultados, se deduce la colinealidad. Este es el caso del análisis de la asociación del número de especies a la temperatura en el presente trabajo. Además los elementos vertidos en el apartado correspondiente a temperatura de las páginas 68, 69 y 70 apoyan lo descrito, en el sentido de que en realidad el número de individuos no estaría asociado a la temperatura, puesto que el grupo de aves estudiadas tendrían una tolerancia genética de tal magnitud que está dentro del rango en que se registran las temperaturas de la salmuera en el sitio de estudio, concordando esta suposición con Schmidt-Nielsen (1976) y con Krebs (1985).

En el caso de la asociación de la riqueza específica al pH, se aprecia un efecto indirecto de esta variable sobre el número de especies a través de la salinidad siendo entonces la salinidad la que está causando el efecto directo sobre el número de especies, y esta última interacciona según lo explicado en las discusiones de la asociación del número de individuos y del número de especies a la salinidad. El pH disminuye conforme se incrementa la salinidad, debido a que el ion bicarbonato que está presente en el agua de mar, se disocia al punto de que el ion carbonato precipita en salinidades altas con otras sales, quedando en solución

el ion hidronio, lo que confiere acidez al medio ambiente marino de una salina (Carpelan 1953).

Referente a la asociación del número de individuos y del número de especies a hábitats con alimento, es menester recordar que debido a las condiciones de salinidad prevalecientes en los sustratos mencionados, además de las concentraciones adecuadas de oxígeno disuelto, existen y sobreviven varias especies de peces, crustáceos y moluscos que servirían de alimento a las aves acuáticas residentes; por este motivo, se obtendría mayor número de especies y mayor número de individuos en los sustratos uno y dos que en el resto de los sustratos donde la salinidad es más elevada y por consecuencia decrece la diversidad. Mención de caso especial recibe *Larus occidentalis* que caza *Podiceps nigricollis* con fines también de alimentación. Esto concuerda con los argumentos de Cody (1985) en el sentido de que la distribución y abundancia de los individuos guarda relación con los hábitats que ocupan, ya que éstos buscan satisfacer sus requerimientos de subsistencia (alimento, sitios de anidación, protección, ambiente físico adecuado, etc.). Asimismo, es congruente con Krebs (1985), quien dice que la selección de hábitat por los organismos, se basa en dos tipos de factores: evolutivos, que vinculan esta selección con la supervivencia; y los conductuales, que dan origen al mecanismo por el que las aves seleccionan su hábitat, y dentro de los cuales se encuentra la posibilidad de satisfacer sus necesidades de alimentación. Por lo tanto, según los resultados obtenidos, las mayores abundancias y distribución de aves acuáticas residentes, se presentan en el

subestrato uno, siguiéndole el dos, donde la salinidad es baja y donde la concentración de oxígeno es alta, lo cual favorecería la existencia de esas formas de vida, siendo congruente con Nagarajan y Thiyagesan (1996) quienes establecen que las características fisicoquímicas del agua determinan en gran medida la presencia de las comunidades de aves acuáticas, primariamente por el impacto directo o indirecto de dichas características en la disponibilidad y abundancia de presas para las aves. Esto también es acorde con los resultados de la investigación de Britton y Johnson (1987) y Arengo y Baldassarre (1998) quienes encontraron que las especies de aves acuáticas evitan los vasos de alta salinidad, donde la existencia de presas disminuye.

CONCLUSIONES

1. El número de especies y el número de individuos de aves acuáticas residentes de la salina de Guerrero Negro, están asociados a los tipos de hábitat con más baja salinidad.

2. El patrón de distribución y abundancia de número de especies e individuos, está relacionado con la disponibilidad de alimento o presas; y a su vez se relaciona inversamente con la salinidad, lo que establece preferentemente una distribución espacial y un mayor número de especies e individuos en el sustrato uno del sitio estudiado, más que en el resto de los sustratos (dos a nueve):
 - a) La distribución y abundancia del número de especies e individuos de aves acuáticas residentes en la salina, no es homogénea. Estas aves usan más el hábitat que está regido por más baja salinidad donde existe la mayor disponibilidad de alimento (presas), localizado en el sustrato uno el cual posee la mayor riqueza específica y el mayor número de individuos.

 - b) Las especies de aves acuáticas residentes evitan los sustratos con salinidades altas, excepto *Larus occidentalis*, que se extiende hasta el sustrato nueve, *Falco peregrinus* y *Pandion haliaetus*.

2. Como una actividad humana, la salina de Guerrero Negro, B.C.S. ha venido desempeñado la función de un hábitat complementario a los hábitats naturales disponibles en la región para las aves acuáticas residentes, primordialmente en sus vasos de más baja salinidad.

LITERATURA CITADA

- Arengo, F. y G.A. Baldassarre. 1998. Potential food availability and flamingo use of commercial salt impoundments in the Ría Lagartos Biosphere Reserve, México. *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.
- Bellrose, F. 1978. Ducks, geese and swans of North America. Stackpole Books, Harrisburg, Penn. 540 pp.
- Bremer, J. I. 1985. Solar salt production at Exportadora de Sal. Pp. 401-416. *In: Sixth Symposium on Salt*. B. Charlotte Schreiber y 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.
- Buol, S.W., F.D. Hole y R.J. McCracken. 1981. Génesis y clasificación de suelos. Trillas. México. 417 p.
- Calvo-Sending, J.F., J.L. Castanedo-García, F.J. García-Giménez, J.M. Ibanez-González, M. Más-Hernández, I.D. Rebollo-Castejón y F. Robledano-Aymerich. 1987. El tarro blanco *Tadorna tadorna* (L) en el sureste español. *Anales de Biología* 11:3-30.
- 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. U.S.A. 197 pp.
- Cody, M. (editor). 1985. Habitat selection in birds. Academic Press Inc. San Diego, California, USA.

- 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.*
- Davis, J. 1993. Biological management for problem solving and biological concepts for a new generation of solar saltworks. Pp. 611-616. *In: Seventh Symposium on Salt. Volume one. H. Kakihana, H.R. Hardy, Jr., T. Hoshi y K. Toyokura (eds.). Elsevier Science Publishers. Netherlands. U.S.A. 689 pp.*
- Engco Inc. 1992. Subsurface exploration at the Location of the Proposed Salt Plant in G. Negro, Mexico. Internal Geotechnical Report. 90 pp.
- Eschmeyer, W., Gerald, E.S. y H. Handmann. 1987. Pacific coastal fishes. Peterson field guide. Editorial Roger Tory Peterson. U.S.A. 336 pp.
- ESSA. 2000. Las aves de ESSA. Guía de campo. Primera edición. San Diego, California. 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.
- 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.

Gieck, K. y R. Gieck. 2000. Manual de fórmulas técnicas. Editorial Alfaomega. 30ª Edición. México, D.F. 880 pp.

Giese, A. C. 1975. Fisiología celular y general. Cuarta edición. Segunda reimpresión. Editorial Interamericana. Impreso en México. 730 pp.

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.

Krebs, Ch. J. 1985. Ecología, estudio de la distribución y abundancia. Segunda edición. Editorial Harla México. México. 753 pp.

Knopf, A.A. 1994. Familiar birds of sea and shore. National Audubon Society pocket guide. First printing. Dai Nippon Printing Co., Ltd. Tokyo.

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.

Martos, M.R. y A.R. Johnson. 1996. Management of nesting sites for greater flamingos. *Colonial Waterbirds* 19 (Special Issue 1):167-183.

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

Nagarajan, R. y K. Thiyagesan. 1996. Waterbirds and substrate quality of Pichavaram wetlands, Southern India. *Ibis* 138: 710-721.

National Geographic Society. 1987. Field Guide to the Birds of North America. Second edition. Library of Congress. Washington, D.C. U.S.A., 464 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, W.G. y R. E. Gill. 1994. Shorebirds in Western North America: late 1800s to late 1900s. *Studies in Avian Biology*, 15:285-309.

Page, G. And Palacios, E. 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. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 99 pp.

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. Ezzo. 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 Science Research Foundation. Tokyo, Japan. 689 pp.

Reyes, M.H. y A.B. Mendoza. 1993. El análisis de senderos en la investigación agronómica. Departamento Editorial de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 21 pp.

Robbins, CH. S., Bruun, B. y H.S. Zim. 1983. A guide to field identification birds of North America. Golden Press. New York. Western Publishing Company, Ing. Racine, Wisconsin. 360 pp.

Sala, E. 1999. Efecto del bombeo de agua de mar sobre la biota bentónica. Reporte interno para la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto "Salitrales de San Ignacio" de la compañía Exportadora de Sal, S.A. de C.V.

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, K. 1976. Fisiología animal. Primera edición. Ediciones Omega, S.A. España. 499 pp.

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

Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. 1995. Biometry: The principles and practice of statistics in biological research. Third edition. W.H. Freeman, New York.

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.

Zedler, J.B., Nordby, C.S.y B.E. Kus. 1992. The ecology of Tijuana estuary, California: A national estuarine research reserve. NOAA Office of Coastal Resource Management, Sanctuaries and Reserves Division. Washington, D.C. 151 pp.