

Universidad Autónoma de Baja California  
FACULTAD DE CIENCIAS



MAESTRIA EN:  
MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ARIDAS

OPCION:  
RECURSOS DE AGUAS CONTINENTALES

INTERACCION TROFICA ENTRE DOS ESPECIES  
ICTICAS, *Fundulus lima* VAILLANT Y *Xiphophorus  
helleri* HECKEL, EN EL OASIS DE SAN IGNACIO,  
BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

T E S I S

QUE PRESENTA

JORGE ALANIZ GARCIA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS

**INTERACCION TROFICA ENTRE DOS ESPECIES ICTICAS,  
*Fundulus lima* VAILLANT Y *Xiphophorus helleri* HECKEL,  
EN EL OASIS DE SAN IGNACIO, BAJA CALIFORNIA SUR,  
MEXICO.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA**

**JORGE ALANIZ GARCIA**

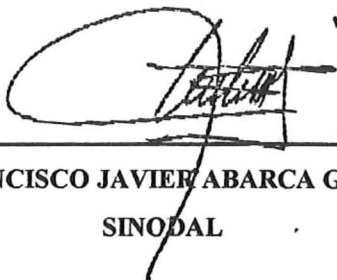
**APROBADO POR:**



---

**DR. GORGONIO RUIZ CAMPOS**

**DIRECTOR DE TESIS**



---

**M.C. FRANCISCO JAVIER ABARCA GONZALEZ**

**SINODAL**



---

**M.C. ARCADIO VALDES GONZALEZ**

**SINODAL**

DEDICATORIA

A MIS ABUELOS  
CON AMOR Y CARIÑO

A MIS PADRES:  
MARTHA Y HUMBERTO  
CON TODO MI AMOR, ADMIRACION Y RESPETO

A MI ESPOSA:  
BELEN  
CON AMOR Y CARIÑO

A MIS HIJOS:  
JORGE Y KARMEN KARINA  
CON TODO MI AMOR Y CARIÑO

A MIS HERMANOS:  
CARLOS HUMBERTO, FELIPE DE JESUS, ARMANDO,  
MARIO, JOSE LUIS Y MA. DE LOURDES  
CON MI CARIÑO Y RESPETO

A JULIO FELIPE, MA. CRISTINA,  
MIGUEL ANGEL, CARLOS BRASIL, JULIO FELIPE JR,  
MARTHA CRISTINA Y JULIO ALAN  
CON MI CARIÑO Y RESPETO

## AGRADECIMIENTOS

Deseo hacer patente mi sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones por el apoyo brindado durante el desarrollo de la tesis.

Al director de esta tesis Dr. Gorgonio Ruiz Campos, por su apoyo brindado a través de las diferentes etapas en el desarrollo de este trabajo de tesis y recomendaciones en la elaboración del manuscrito final.

Al M.C. Arcadio Valdés González por sus comentarios y consejos tanto para el trabajo de campo, como para la revisión del manuscrito.

Al M.C. Francisco J. Abarca González por sus excelentes comentarios y sugerencias en la revisión del manuscrito.

Asimismo agradezco a los siguientes maestros de la Facultad de Ciencias, por su apoyo en la realización de este trabajo de tesis: M.C. Irma Rivera Garibaldi, Directora de la F.C.; M.C. Gloria E. Rubi Vazquez, Subdirectora de la F.C.; M.C. Miguel H. Carrillo M., Subdirector de la F.C.; Biól. Marcelo Rodríguez Meraz, M.C. Faustino Camarena Rosales, Dr. Victor M. Salceda Sacanelles, Dra. Ileana Espejel Carbajal, Biól. Elias Torres Balcazar, Biól. José Delgadillo Rodríguez, Biól. Nahara Ayala Sanchez, M.C. Eusebio Barreto Estrada, Dr. Carlos Marquez Becerra, Dr. Carlos Ochoa Morales, Dr. José Luis Stephano, Dra. Meredith Gould Chambers, M.C. José de Jesús Castellón Olivares, M.C. Miguel Angel Ibarra.

Al M.C. Ernesto Campos Gonzalez y Biól. Alma Rosa Murillo, por el apoyo en el uso del estereoscopio con cámara lúcida.

A mis compañeros de estudios de maestría por su apoyo: M.C. Edna Alicia Cortez, M.C. Olivia M. Tapia Vázquez, Oc. Carlos Yruretagoyena Ugalde, M.C. M. Concepción S., M.C. Guillermo Bojórquez, Biól. Sara Edith Cabrera S.,

Biól. Martha E. Valles Ríos, Biól. Isabel Montes Pérez, Biól. Alejandro Gerardo Avendaño, M.C. Jose Carlos Garduño, Biól. Mari Resendiz, Biól. Ana Gatica Colima, Biól. Jorge Ramírez Acosta, Biól. Hugo Silva, y un especial agradecimiento al Ing. Wualter Zuñiga Castillo por su apoyo en el equipo de computo.

Al personal técnico y administrativo de la Facultad de Ciencias.

También mi agradecimiento a Arturo Espinoza Murillo (el tizón) por las facilidades otorgadas en su huerta en San Ignacio, Baja California Sur, para el trabajo de campo.

Al Oc. Jorge Alberto Rivera, Oc. Adan Castillo y Ing. Armando Zapien, por su gran apoyo.

A las siguientes instituciones: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) convenio 0340-N9107, Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Baja California (DGIP-UABC), y a la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, por su apoyo recibido en las diferentes etapas del presente estudio.

Finalmente, a todas aquellas personas e instituciones que de una u otra forma colaboraron en esta tesis y que son omitidas indirectamente, reciban el agradecimiento del autor.

## Resumen

La interacción trófica entre el ciprinodóntido nativo *Fundulus lima* Vaillant, y el poecílido exótico *Xiphophorus helleri* Heckel fue estudiada durante primavera y verano en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México. Los peces fueron colectados estacionalmente con trampas tipo "minnow" a intervalos de 45 minutos, dentro de un ciclo de 24 horas. Los contenidos estomacales y las características ecomorfológicas de ambas especies fueron cuali y cuantitativamente analizadas. El pez lima (*F. lima*) fue la especie más abundante. Otras dos especies exóticas fueron también colectadas, la carpa de Israel (*Cyprinus carpio*) y el "guppy" (*Poecilia reticulata*). Un total de 16 diferentes artículos alimenticios fueron reconocidos para *F. lima* y diez para *X. helleri*, siendo diez los artículos compartidos. Presas de origen íctico fueron solamente encontradas en *F. lima* principalmente en ejemplares adultos. El traslape trófico entre ambas especies fue significativo ( $> 0.60$  ó  $> 60.0\%$ ) tanto para primavera como para verano. La diversidad trófica por estómago fue estadísticamente similar para ambas especies tanto en primavera como en verano. Además, la diversidad trófica fue estadísticamente similar entre clases de talla de *F. lima* durante primavera, pero fue diferente en verano.

## Abstract

The trophic interaction between the native cyprinodontid *Fundulus lima* Vaillant, and the exotic poeciliid *Xiphophorus helleri* Heckel was studied during spring and summer conditions in the San Ignacio Oasis, Baja California Sur, México. The fishes were collected with minnow traps at intervals of 45 minutes through a cycle of 24 hours. The stomach contents and ecomorphological characteristics of both fish species were qualitative and quantitatively analysed. *F. lima* was the most abundant fish species. Other two fish species were also collected in the oasis, the common carp (*Cyprinus carpio*) and the guppy (*Poecilia reticulata*). Sixteen food items were identified for *F. lima* and ten items for *X. helleri*, ten food items were used by both species. Adult specimens of *F. lima* included in its diet prey of fish type. The trophic overlap between both species was significant ( $\geq 0.60$  or 60 %) during spring and summer. The trophic diversity per stomach was statistically similar between both species for spring and summer. In addition, the trophic diversity was statistically similar among, size classes of *F. lima* during spring, but it was different in summer.

## CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCION .....	1
II. ANTECEDENTES .....	5
III. OBJETIVO GENERAL .....	12
IV. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO .....	13
V. MATERIAL Y METODO .....	17
VI. RESULTADOS .....	22
1. Muestreo Ictiológico .....	22
2. Análisis Cualitativo y Cuantitativo del Contenido Alimenticio .....	29
2.1. Composición Trófica Estacional (% Frecuencia Ocurrencia) .....	29
2.2. Composición Trófica Estacional (% Volumen Aparente) .....	32
2.3. Composición Trófica Estacional por Clase de Talla .....	32
2.3.1. Porcentaje de Frecuencia Ocurrencia (% FO). para la Clase de Talla 1 ( $\leq 35.5$ mm LP) .....	34
2.3.2. Porcentaje de Volumen Aparente (% VA). para la Clase de Talla 1 ( $\leq 35.5$ mm LP) .....	34
2.3.3. Porcentaje de Frecuencia Ocurrencia (% FO). para la Clase de Talla 2 (35.6 - 45.5 mm LP) .....	37
2.3.4. Porcentaje de Volumen Aparente (% VA). para la Clase de Talla 2 (35.6 - 45.5 mm LP) .....	37
2.3.5. Porcentaje de Frecuencia Ocurrencia (% FO). para la Clase de Talla 3 ( $\geq 45.6$ mm LP) .....	40

	Página
2.3.6. Porciento de Volumen Aparente (% VA). para la Clase de Talla 3 ( $\geq 45.6$ mm LP) .....	42
3. Determinación de Traslape de Nicho Tóxico .....	44
3.1. Similitud Trófica Interespecífica .....	44
3.2. Similitud Trófica Interespecífica por Clase de Talla .....	44
3.3. Similitud Trófica entre Clase de Talla de <i>Fundulus lima</i> .....	46
4. Diversidad trófica Estomacal .....	47
5. Comparación Ecomorfológica entre <i>Fundulus lima</i> y <i>Xiphophorus helleri</i> .....	48
5.1. <i>Fundulus lima</i> .....	48
5.2. <i>Xiphophorus helleri</i> .....	48
6. Características Físico Químicas del Oasis .....	55
6.1. Concentración de Oxígeno Disuelto .....	55
6.2. Temperatura del Agua .....	59
6.3. Potencial de Iones Hidrógeno (pH) .....	63
VII. DISCUSION .....	65
VIII. CONCLUSIONES .....	71
IX. RECOMENDACIONES DE MANEJO Y CONSERVACION .....	72
X. LITERATURA CITADA .....	73
APENDICE 1	

## LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio y del Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.....	14
Figura 2. Número de peces colectados estacionalmente en la zona limnética del Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....	24
Figura 3. Frecuencia y hora de captura de <i>Fundulus lima</i> y <i>Xiphophorus helleri</i> , en los muestreos de 24 horas durante verano 1992 y primavera 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....	25
Figura 4. Distribución de individuos por clase de talla de <i>Fundulus lima</i> , durante cuatro muestreos estacionales (1992-1993), en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....	27
Figura 5. Distribución de individuos por clase de talla de <i>Xiphophorus helleri</i> , durante muestreos estacionales (1992-1993), en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....	28
Figura 6. Principales artículos alimenticios utilizados por <i>Fundulus lima</i> y <i>Xiphophorus helleri</i> , en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....	30
Figura 7. Frecuencia de ocurrencia de los artículos alimenticios en la dieta del pez nativo ( <i>Fundulus lima</i> ) y el pez exótico ( <i>Xiphophorus helleri</i> ), durante primavera y verano, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....	31
Figura 8. Volumen aparente de los artículos que componen la dieta del pez nativo ( <i>Fundulus lima</i> ) y el pez exótico ( <i>Xiphophorus helleri</i> ) durante primavera y verano, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....	33

Figura 9. Comparación de la dieta estacional (primavera y verano) de las clases de talla 1 ( $\leq 35.5$ mm LP) de <i>Fundulus lima</i> y <i>Xiphophorus helleri</i> , según frecuencia de ocurrencia, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....	35
Figura 10. Comparación de la dieta estacional (primavera y verano) de las clases de talla 1 ( $\leq 35.5$ mm LP) de <i>Fundulus lima</i> y <i>Xiphophorus helleri</i> , según el volumen aparente, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....	36
Figura 11. Comparación de la dieta estacional (primavera y verano) según frecuencia ocurrencia entre las clases de talla 2 (35.6 - 45.5 mm LP) de <i>Fundulus lima</i> y <i>Xiphophorus helleri</i> , en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....	38
Figura 12. Comparación de la dieta estacional (primavera y verano) entre las clases de talla 2 (35.6 - 45.5 mm LP) de <i>Fundulus lima</i> y <i>Xiphophorus helleri</i> , según volumen aparente en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....	39
Figura 13. Comparación de la dieta estacional (primavera y verano) de las clases de talla 3 ( $\geq 45.6$ mm LP) de <i>Fundulus lima</i> y <i>Xiphophorus helleri</i> , según frecuencia ocurrencia en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....	41
Figura 14. Comparación de la dieta estacional (primavera y verano) de las clases de talla 3 ( $\geq 45.6$ mm LP) de <i>Fundulus lima</i> y <i>Xiphophorus helleri</i> , según volumen aparente, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....	43
Figura 15. Morfología de la boca de <i>Fundulus lima</i> : A - Posición normal y dorso terminal, B y C - posición protusible y terminal.....	49
Figura 16. Morfología de la mandíbula de <i>Fundulus lima</i> (A) y <i>Xiphophorus helleri</i> (B).....	50

Figura 17. Morfología comparativa del primer arco branquial entre <i>Fundulus lima</i> (A) y <i>Xiphophorus helleri</i> (B).....	51
Figura 18. Comparación morfológica del tracto digestivo de <i>Fundulus lima</i> (A) y <i>Xiphophorus helleri</i> (B).....	52
Figura 19. Morfología de la boca de <i>Xiphophorus helleri</i> en posición normal y dorso terminal (A), y en posición protusible y terminal (B y C).....	53
Figura 20. Concentración de oxígeno disuelto durante un ciclo de 24 horas en invierno de 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.....	56
Figura 21. Concentración de oxígeno disuelto durante un ciclo de 24 horas en primavera de 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.....	57
Figura 22. Comparación de ciclos de 24 horas de oxígeno disuelto entre invierno y primavera 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.....	58
Figura 23. Comportamiento de la temperatura durante un ciclo de 24 horas en invierno de 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.....	60
Figura 24. Comportamiento de la temperatura durante un ciclo de 24 horas en primavera de 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.....	61
Figura 25. Comparación de ciclos de 24 horas de temperatura del agua entre invierno y primavera de 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.....	62
Figura 26. Comparación del potencial de iones hidrógeno (pH) durante ciclos de 24 horas en invierno y primavera de 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.....	64

## LISTA DE TABLAS

Páginas

Tabla 1. Número de peces colectados (n) por estación del año y su respectivo rango de talla (longitud patrón en mm) en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....23

Tabla 2. Traslape trófico total (Índice de Schoener  $\alpha$  ) y por clase de talla entre *Fundulus lima* (nativo) y *Xiphophorus helleri* (exótico); y entre las clases de talla de *F. lima*, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.....45

LISTA DE LAMINAS

Páginas

Lámina 1. Especies ícticas coexistentes en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur. (A) <i>Fundulus lima</i> (nativa). (B) <i>Xiphophorus helleri</i> (exótica).....	4
Lámina 2. Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México. (A) zona del manantial. (B) zona limnética.....	16

## I. INTRODUCCION

Uno de los desiertos más importantes en Norteamérica, es el Sonorense, el cual abarca gran parte de California y Arizona, E.U.A., así como de Sonora y la península de Baja California, México. Se subdivide en cuatro regiones florísticas: del Colorado, Vizcaíno, Magdalena y Costa del Golfo ( Shreve y Wiggins, 1964), las cuales poseen una variedad de habitats acuáticos, donde los peces forman una fauna muy diversa, cuyo aislamiento y especiación han permitido la formación de taxa únicos o endémicos, que le confieren un especial valor biogeográfico y evolutivo.

Desde el período geológico del Cuaternario, los arroyos de la vertiente Oeste de Norteamérica y aquellos de la península de Baja California, fueron poblados por peces que habían sobrevivido a cambios geológicos y climáticos muy considerables. Ellos se adaptaron a las condiciones especiales y cambiantes en los ríos y pozas aisladas (Minckley y Deacon, 1991; Rinne y Minckley, 1991).

La historia geológica y climática de la parte central de la península de Baja California es bastante singular, la cual se transformó durante el Cuaternario, de un área húmeda con biota tipo mesófilo a un área xerófila con biota de afinidad árida. La transformación dejó lugares mesófilos relictos circundados por desiertos que dieron lugar a la formación de los oasis (Grismer y McGuire, 1993; Grismer et al., 1994).

La composición taxonómica y distribucional de la ictiofauna continental de la península de Baja California, fue revisada por Follett (1960) y Ruiz-Campos y Contreras-Balderas (1987), quienes registraron 38 especies nativas, de las cuales una es endémica (*Fundulus lima* Vaillant) de la región central peninsular. Asimismo, un total de 21 especies de peces exóticos han sido registrados en la península (Follett,

1960; Contreras-Balderas y Escalante-Cavazos, 1984; Ruiz-Campos y Contreras-Balderas, 1987), las cuales fueron resultado de introducciones realizadas para diversos propósitos, tales como pesca deportiva, acuicultura, especies forrajeras, etc. (Ruiz-Campos y Contreras-Balderas, op. cit.).

Particularmente para el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur (B.C.S.), existen tres especies ícticas de reciente introducción, las cuales son: el pez cola de espada (*Xiphophorus helleri* Heckel), la carpa de Israel (*Cyprinus carpio* Linnaeus), y el "guppy" (*Poecilia reticulata* Peters).

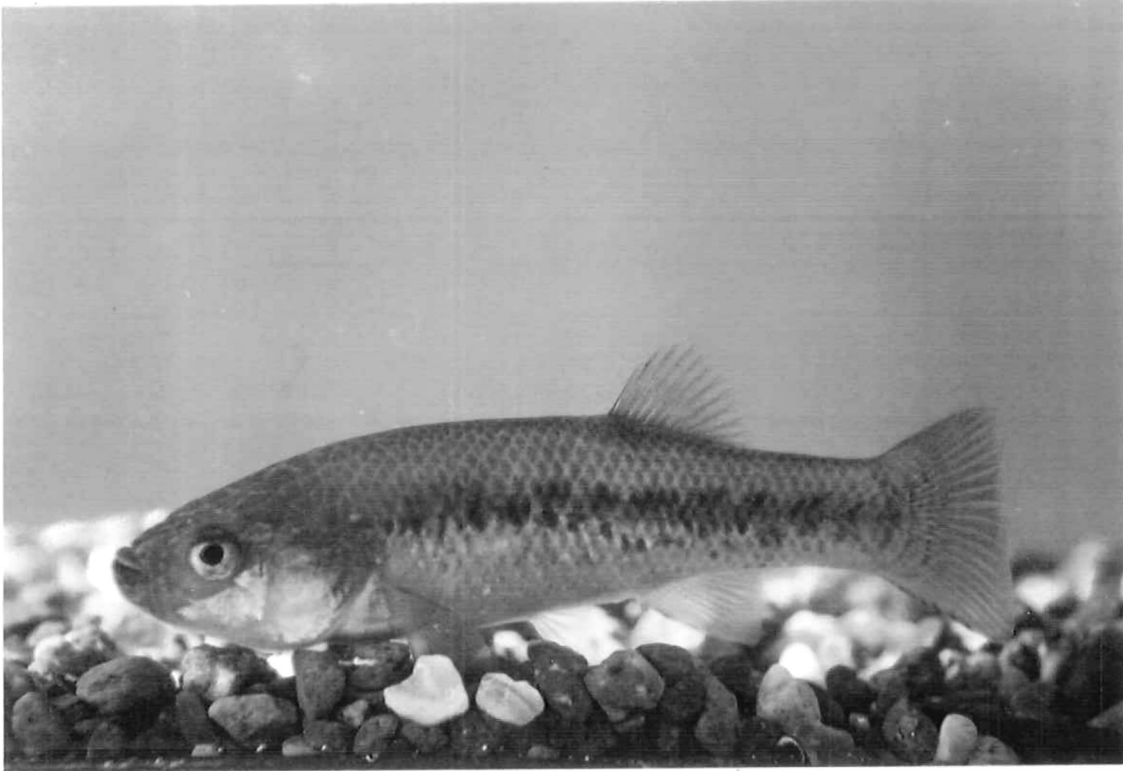
Existen numerosas evidencias documentadas de los efectos negativos de las especies ícticas exóticas sobre las especies ícticas nativas en muchos ecosistemas de Norteamérica (Minckley y Deacon, 1991). Dichos efectos han sido principalmente por desplazamiento de habitat por exclusión competitiva, hibridación con formas congénéricas ó conespecíficas, introducción de parásitos, enfermedades, depredación, entre otros; los cuales han provocado la parcial ó total desaparición de muchas especies y subespecies ícticas en diferentes ecosistemas de Norteamérica, y cada vez se incrementa el número de taxa incorporados a la lista de especies en peligro, amenazadas y de preocupación especial (Miller et al., 1989).

En el contexto del ecosistema acuático del Oasis de San Ignacio, B.C.S., uno de los posibles efectos que potencialmente pudiera provocar la especie íctica exótica (*Xiphophorus helleri*) sobre la especie nativa (*Fundulus lima*), es la exclusión competitiva; lo anterior, se fundamenta en su gran similitud ecomorfológica y coexistencia.

El objetivo del presente estudio es la determinación cualitativa y cuantitativa de la interacción trófica entre dos especies ícticas sintópicas en el Oasis de San Ignacio, B.C.S., una nativa (*Fundulus lima*) (Lámina 1 A) y la otra exótica

(*Xiphophorus helleri*) (Lámina 1 B), considerando su posible traslape de nicho alimenticio en función a la composición y diversidad de presas consumidas.

A



B

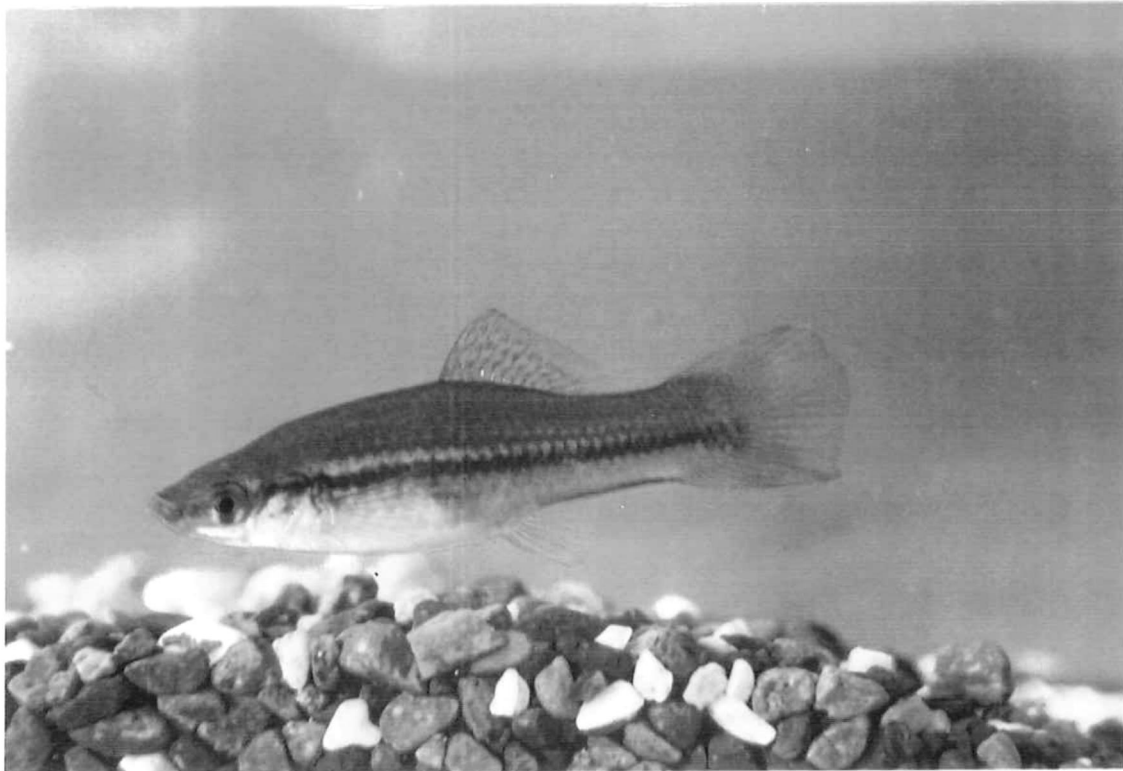


Lámina 1. Especies ícticas coexistentes en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur. (A) *Fundulus lima* (nativa). (B) *Xiphophorus helleri* (exótica).

## II. ANTECEDENTES

### Taxonomía y Distribución

La ictiofauna continental de la península de Baja California, México, fue revisada por Follett (1960), quien enlistó un total de 17 familias, 25 géneros, y 29 especies. Asimismo, señala que con excepción de la especie endémica *Fundulus lima* de la región central peninsular, no existe un elenco de peces que pudiera ser estrictamente designado como la fauna de peces continentales de la península. Otros estudios previos al de Follett, fueron principalmente de carácter puntual y alusivos a la distribución y taxonomía de taxa selectas (e.g., Vaillant, 1894; Evermann, 1908; Snyder, 1926; Myers, 1927, 1930; Miller, 1943; Dill, 1944; Hubbs, 1954).

En un análisis ecológico y zoogeográfico de la ictiofauna continental de la península de Baja California, Ruiz-Campos y Contreras-Balderas (1987), aportaron una lista de 59 especies; de las cuales 38 son nativas y 21 son exóticas. La composición ecológica de su ictiofauna nativa, se integra de: 63% especies esporádicas, 13% vicarias, 8% complementarias, 8% primarias, 5% diádromas, y 3% secundarias. Asimismo, el 89% de su ictiofauna nativa es de derivación marina y el 11% de estirpe dulceacuícola. En un análisis ictiogeográfico, señalan que para los peces de derivación marina, el 53% son de afinidad panámica, 10% anfiamericana, 3% circuntropical, y 3% circunpolar holártica; en cambio, los de origen dulceacuícola, un 10% es de afinidad neártica, 8% neotropical, y 3% endémica.

Follett (1960), comentó que la mayoría de las especies de origen dulceacuícola en la península se encuentran confinadas al Bajo Río Colorado, siendo éstos: un catostómido (*Xyrauchen texanus*), dos ciprínidos (*Gila robusta* y *Ptychocheilus lucius*), y un ciprinodóntido (*Cyprinodon macularius*). Actualmente,

todos ellos, excepto *C. macularius*, han sido extirpados por efectos de origen antropogénicos de esa región geográfica (Minckley y Deacon, 1991).

El pez lima de San Ignacio (*Fundulus lima*), es la única especie íctica dulceacuícola que es endémica de la península de Baja California (Follett, 1960) y está colocada en la categoría ecológica vicaria dentro del grupo secundarios (Miller, 1968). Myers (1930) y Miller (1943), sugieren que *F. lima* es una especie que quedó aislada en el continente y derivó de su ancestro marino, *Fundulus parvipinnis*.

El primer registro de colecta de esta especie fue hecho en 1892 por M. León Diguet, en el Oasis de San Ignacio, cuyos especímenes fueron facilitados a L. Vaillant, quien en 1894 la describió como especie nueva para la ciencia, denominándola *Fundulus lima*. Posteriormente, E. W. Nelson colectó 19 ejemplares en esa misma localidad, el 8 de Octubre de 1905. Material que sirvió de base para que B. W. Evermann, la describiera como *Fundulus meeki* en 1908. Esta última denominación fue sinonimizada con *F. lima* por Myers (1930).

En relación a las especies ícticas exóticas registradas para la península de Baja California, Ruiz-Campos y Contreras-Balderas (1987), enlistaron 21 especies, las cuales son resultado de introducciones recientes hechas por varias agencias públicas y privadas. En el Oasis de San Ignacio, existen tres especies introducidas: el pez cola de espada (*Xiphophorus helleri*), la carpa de Israel (*Cyprinus carpio*) y el "guppy" (*Poecilia reticulata*), cuyas introducciones parecen ser relativamente recientes (Ruiz-Campos y Alaníz-García, 1993)

En cuanto a la distribución de *F. lima*, se tienen registros para las siguientes localidades en Baja California Sur: (1) La Presa (oasis) cerca de San Ignacio, (2) una laguna 22 millas al NE de Comondú, (3) un arroyo cerca de Carmel, (4) Comondú, (5) Arroyo la Purísima, (6) Cañon La Purísima, (7) San Isidoro, (8) cinco millas arriba del poblado La Purísima, (9) Oasis de San Luis

Gonzaga (Follett, 1960; Ruiz-Campos y Contreras-Balderas, 1987; Reynoso-Mendoza, 1994).

Los peces del orden Cyprinodontiformes, grupo al cual pertenece *F. lima*, típicamente viven en manantiales aislados, esteros, ríos, con abundante vegetación acuática; siendo sus habitats caracterizados por condiciones físicas y químicas extremas (Rinne y Minckley, 1991).

Contreras-Balderas (1987), en su lista de especies de peces Mexicanos en peligro o amenazados de extinción, considera a *F. lima* como una especie vulnerable [= amenazada]. Así también, la American Fisheries Society (Williams et al., 1989) y SEDESOL (1993), colocan a esta especie endémica, como amenazada, debido a la modificación de su habitat natural y que puede ser afectada por cambios ambientales.

En lo referente a los principales efectos de la introducción de peces exóticos sobre las comunidades de peces nativos, éstos han sido descritos por Courtenay (1979), Shafland (1979), Contreras-Balderas y Escalante-Cavazos (1984), Minckley y Deacon (1991), y Douglas et al. (1994). Dichos efectos son principalmente: (1) desplazamiento de la especie nativa debido a la mayor agresividad ecológica y capacidad competitiva de la especie exótica, (2) disminución en el tamaño poblacional de la especie nativa debido a la introducción de parásitos y enfermedades vía especie exótica, (3) hibridación con la especie nativa, cuando se introducen especies filogenéticamente muy emparentadas, (4) la introducción de peces carnívoros exóticos puede causar desequilibrio en la organización y estructura trófica de las comunidades ícticas nativas, principalmente en aquellas que son de orden trófico secundario y primario.

Minckley y Deacon (1991) señalan que los peces ciprinodóntidos, caracterizados por ciclo de vida corto, pueden estar en desventaja y en peligro de

desaparecer cuando coexisten y compiten con otras especies ícticas de naturaleza exótica y de ciclo de vida más largo.

La historia evolutiva de los peces del oeste de Norteamérica está relacionada con los eventos geológicos y climáticos, los cuales a través del tiempo han disminuido la disponibilidad y calidad de los ecosistemas acuáticos, cuya fragmentación y reducción dió como resultado una fauna endémica diezmada (Minckley et al., 1986). Por tal situación, la fauna íctica de esta región carece de habilidad competitiva y desarrollo de defensas para depredación por peces de otras regiones (Moyle et al., 1986), por lo que esta fauna está seriamente impedida de interrelacionar con exóticos.

### **Competencia y Traslape Trófico**

Una gran parte del conocimiento de la autoecología, producción, y papel ecológico de las poblaciones ícticas, resultan de estudios basados en el análisis de contenidos estomacales (Bagenal, 1978). Estos pueden reflejar el tipo de alimento que ingieren, y una adecuada integración de esta información sobre hábitos alimenticios y de estudios ecológicos, pueden constituir una base importante para el manejo de los recursos (Lagler, 1978). Así, la aplicación de modelos cuantitativos en el estudio de la similitud o traslape trófico a nivel inter e intraespecífico, son utilizados para explicar interacciones competitivas, similitud de nicho trófico, y utilización de recursos compartidos. La medición del traslape trófico en peces, ha sido utilizado para comparar los recursos alimenticios compartidos por dos o más especies en la comunidad, como también para determinar, explicar y clasificar relaciones de competencia entre ellas (Bagenal, 1978; Wallace, 1981).

Zaret y Rand (1971), en su clásico estudio sobre la interacción alimenticia entre especies de peces en un río tropical, encontraron que la cantidad de

recursos alimenticios compartidos disminuye cuando escasea el alimento en la estación seca, segregándose gradualmente en el tiempo de competencia, tal y como lo establece el principio de exclusión competitiva. Además, consideran que existe un traslape de dietas biológicamente importante, cuando el valor del índice de Schoener excede a 0.6 (60 %).

Por su parte, Schoener (1974), explicó en su teoría de repartición de recursos en sistemas ecológicos altamente diversos, los mecanismos que permiten la coexistencia de especies ecológicamente similares a través de la segregación en el uso de recursos; además sugiere que la segregación por habitat es la más importante, seguida por la repartición por tamaño y tipo de alimento. Werner (1977) y Werner et al. (1977), en sus trabajos de comunidades de peces, sugieren que el concepto de repartición de recursos tróficos de Schoener, es mejor ilustrados para el caso de comunidades acuáticas.

En relación a las características morfológicas funcionales de los peces, Hubbs y Lagler (1958), mencionan que los Cyprinodontiformes tienen la cabeza aplanada anteriormente y la boca de posición dorsoterminal, ambas adaptaciones facilitan la alimentación en la superficie del agua.

De acuerdo a la forma de alimentarse, Keast y Webb (1966), comentaron que *Fundulus diaphanus* es una especie muy versátil en su alimentación, siendo efectiva en todos los niveles tróficos a pesar de tener la boca de posición dorsoterminal, la cual es protusible y toma una posición terminal. Asimismo, esta especie presenta una gran habilidad para manipular artículos de cuerpo duro, gracias a la presencia de dientes marginales.

En cuanto a preferencia alimenticia, Baker-Dittus (1978), estudiaron el traslape trófico de tres especies simpátricas de *Fundulus* (*F. majalis*, *F. heteroclitus* y *F. diaphanus*), en el estuario del Río Patuxent en Maryland, E.U.A., encontrando que

utilizan una amplia variedad de presas y que sus dietas se traslapan. Un total de 24 artículos alimenticios fueron encontrados, siendo los más importantes: crustáceos pequeños, poliquetos, insectos acuáticos, material vegetal, huevecillos, bivalvos y gasterópodos, entre otros. El traslape trófico aumentó conforme se incrementó la abundancia de alimento; además durante períodos de mayor abundancia de alimento, las tres especies poseen densidades altas, mientras que en períodos de menor abundancia de alimento, hubo una reducción [no una eliminación] en los artículos compartidos, sugiriendo una repartición trófica. También comenta que la abundancia estacional cambia para las tres especies de *Fundulus*, y el horario de mayor captura fue entre las 12:00 y 14:59.

En los estudios sobre la conducta de los depredadores, la teoría del forrajeo óptimo tiene una contribución fundamental al respecto, ya que descansa sobre la premisa evolutiva de que individuos dentro de una población que exhiben un forrajeo más eficiente de las presas y una optimización en la energía neta asimilada, poseerán mayor capacidad competitiva en el uso de recursos tróficos, la cual será heredada e incorporada en la información genética de las futuras generaciones (Calow y Townsend, 1981; Townsend y Winfield, 1987).

Ross (1986), en una revisión de los estudios sobre repartición de recursos en asociaciones de peces, efectuados entre 1940 y 1983, utiliza tres dimensiones generales para la segregación de especies, siendo éstas por orden de importancia: alimento, habitat y temporal.

Por su parte, Deacon y Greger (1987), efectuaron investigaciones sobre la distribución y alimentación de seis especies de peces nativos y una introducida en el Río Virgen en Nevada, E.U.A.; el análisis del contenido estomacal reveló diferencias estacionales en la dieta a nivel inter e intraespecífico.

Abarca-González (1989), estudió el traslape trófico y espacial entre dos especies de ciprínidos, uno nativo el "spikedace" (*Meda fulgida*) y el otro exótico "red shiner" (*Cyprinella lutrensis*) en Arizona y Nuevo México, E.U.A., donde señaló que la segregación por habitat se presenta en un grado intermedio, aunque la segregación fue más completa en el uso del alimento. Además, la reducción de la diversidad de alimento y cambios de habitat de la especie nativa, ambas en la presencia de "red shiner", son los responsables de la reducción poblacional de "spikedace". En otras de las localidades, la especie nativa pudo haber sobrevivido a la invasión de los exóticos debido a una utilización de alimento significativamente diferente. Por lo tanto, la competencia por alimento pudo ser un factor importante en la estructura de la comunidad de un medio ambiente riguroso similar a los arroyos del desierto. La interacción entre estas dos especies fue analizada por Douglas et al. (1994), quienes proponen dos teorías para el declive de esta especie nativa, consistiendo la primera en el desplazamiento de la nativa por interacción competitiva con la invasora, y una segunda consistente en el reemplazo de la nativa por la exótica como resultado de la perturbación del medio ambiente.

Rozas y La Salle (1990), realizaron una comparación de la dieta del "Gulf Killifish" (*Fundulus grandis*) en el Río Mississippi, uno de los más abundantes en la costa del Golfo de México, encontrando 35 artículos alimenticios así como restos de plantas y detritus.

Glova y Sagar (1991), estudiaron el traslape trófico y espacial entre poblaciones de un pez nativo (*Galaxias brevipinnis*) y dos exóticos (*Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss*) en Nueva Zelanda, encontrando diferencias en cuanto a la cronología alimenticia, preferencia a diferentes flujos de agua, y tamaño de presas consumidas.

### III. OBJETIVO GENERAL

El objetivo del presente estudio, es determinar el traslape alimenticio entre dos especies ícticas ecomorfológicamente similares, una nativa (*Fundulus lima*) y la otra exótica (*Xiphophorus helleri*), ambas coexistiendo en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México. Siendo los objetivos particulares:

- a) Determinar y comparar la composición trófica estacional (primavera y verano) de las especies.
- b) Analizar y comparar la composición trófica por clase de talla de cada especie.
- c) Cuantificar a nivel estacional el traslape de nicho trófico entre las dos especies, así como entre las clases de talla de las dos especies en cuestión, y
- d) Comparar las características ecomorfológicas alimenticias entre estas dos especies.

#### IV. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El Oasis de San Ignacio, B.C.S., también conocido como "La Presa", está localizado en el Arroyo de San Ignacio, 2 km al este del poblado del mismo nombre y 59 km al oeste de Santa Rosalía, B.C.S. (Fig. 1). Se encuentra en el borde sureste de la Reserva de la Biósfera del Vizcaíno, y al norte de la Región de Magdalena (SEDUE, 1989). Con una altitud de 135 msnm, este oasis forma parte de un arroyo somero bordeado por una pequeña sierra conocida como Sierra de San Ignacio la cual está formada por placas volcánicas andesíticas (Nelson, 1921; Jordan, 1976). El arroyo después de infiltrarse por el subsuelo, y formar una serie de lagunas intermitentes, desemboca en la Laguna de San Ignacio, localizada en el Océano Pacífico.

Este oasis fue descubierto por los Jesuitas en 1716, quienes formaron en 1728 la Misión de San Ignacio [Kadakaamán]. Posteriormente esta área fue fuertemente cultivada y se introdujeron varias especies de plantas como la palma datilera *Phoenix dactylifera* y el carrizo *Arundo donax*. Aunque es uno de los oasis más atractivos estéticamente hablando, es casi completamente artificial debido a la vegetación introducida. Es considerado como una área relictiva disjunta mesófila, resultado de radicales cambios en la parte central de la península, de un área mesófila subtropical, a un área xérica (Axelrod, 1979; Grismer y McGuire, 1993). El resto de la vegetación en el banco del arroyo, se compone de: tules (*Typha domingensis*), palma de abanico nativa (*Washingtonia robusta*) y palma de abanico de California (*Washingtonia filifera*); la vegetación adyacente está representada por mezquite (*Prosopis glandulosa*), gobernadora (*Larrea tridentata*), y una gran variedad de cactáceas (Moran, 1977; Wiggins, 1980; Delgadillo-Rodríguez, com. pers.).

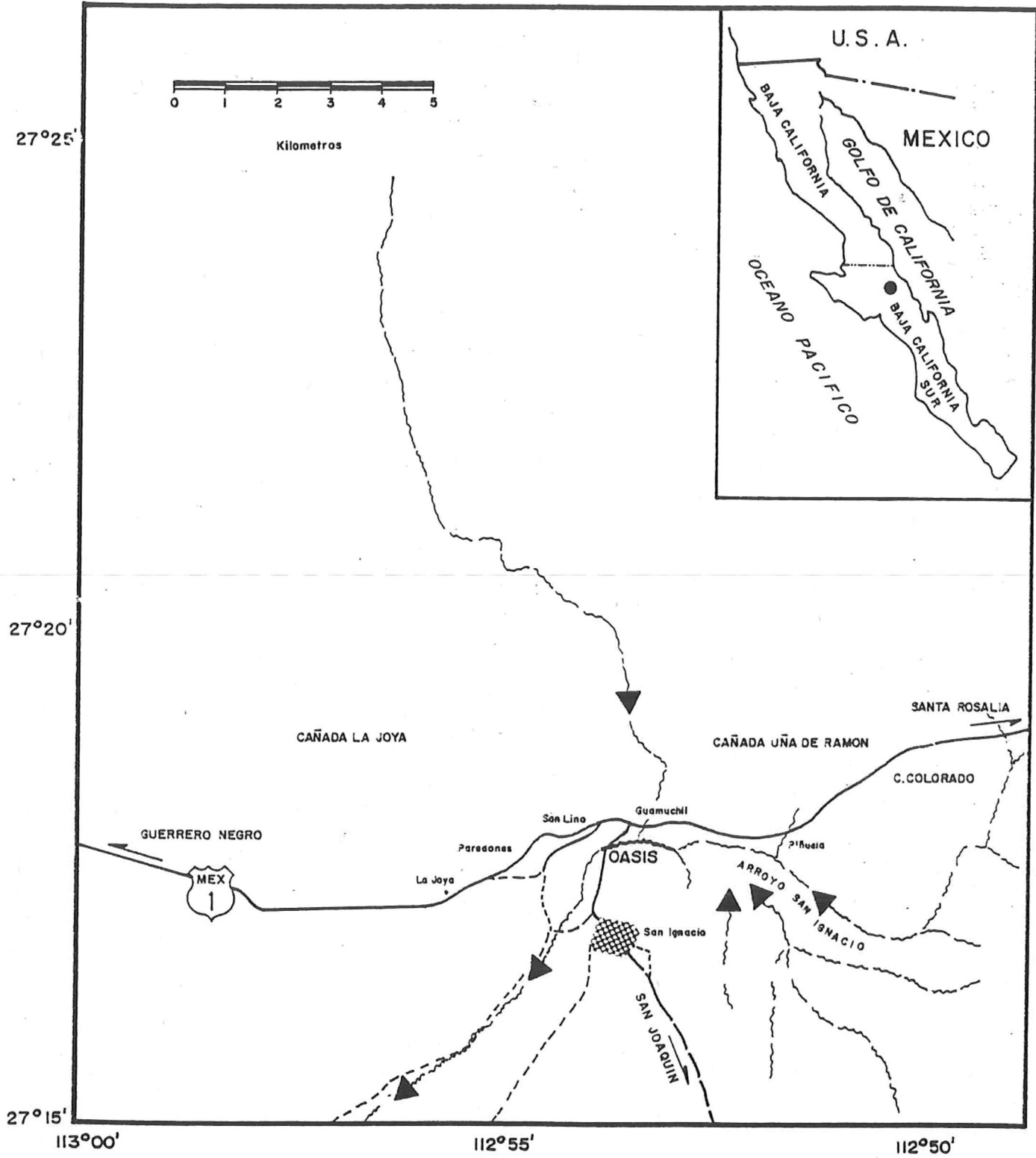


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio y del Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.

En cuanto a la vegetación acuática encontramos el berro (*Nasturtium officinale*), y un alga filamentosa (*Oedogonium oboviforme*).

El tipo de clima es cálido seco y extremoso (BWhs), la temperatura media anual es 24° C, y la precipitación media anual de 204.6 mm (Romero, 1983). Es un cuerpo de agua formado a partir de un pequeño manantial en su parte sur (Lámina 2 A). El oasis tiene una profundidad entre 2 y 4.5 m, una anchura variable (4 a 50 m) y una longitud aproximada de 1.5 km en su zona limnética (Lámina 2 B). Este arroyo ha sido dividido por un represo, sobre el cual pasa el camino de acceso al poblado de San Ignacio. Este oasis fue referido por Evermann (1908), como un pequeño arroyo formado a partir de un gran manantial.

La herpetofauna nativa mesófila de esta área, consiste de la rana *Hyla regilla*, la tortuga resbalosa (*Trachemys scripta*), la lagartija lagarto endémica (*Elgaria paucicarinata*), la serpiente de dos rayas (*Thamnophis hammondi*), y la serpiente látigo (*Masticophis lateralis*). Existe una especie exótica, la rana toro (*Rana catesbeiana*) (Grismer y McGuire, 1993).

Para la avifauna, las especies más comunes en el oasis son: el cormorán doble cresta (*Phalacrocorax auritus*), la garza morena (*Ardea herodias*), el garzón blanco (*Casmerodius albus*), la garcita nivea (*Egretta thula*), la garcita dorso verde (*Butorides striatus*), aura (*Cathartes aura*), águila pescadora (*Pandion haliaetus*), el halcón cola roja (*Buteo jamaicensis*), y la codorniz de California (*Callipepla californica*), entre otras (Ruiz-Campos y Gerardo-Avendaño, manuscrito no publicado).

En cuanto a los mamíferos conocidos en el oasis, tenemos al mapache (*Procyon lotor*), que es común en los márgenes del arroyo, y otros como el lince (*Lynx rufus*), es de distribución general en el área (SEDUE, 1989).



Lámina 2. Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

(A) zona del manantial. (B) zona limnética.

## V. MATERIAL Y METODOS

### Caracterización Limnológica

Se efectuaron mediciones de parámetros físico-químicos (temperatura, oxígeno, y potencial de iones hidrógeno) en el oasis durante las estaciones de Invierno y Primavera de 1993, con el propósito de determinar la variación espacial y temporal de dichos parámetros. Los muestreos fueron en ciclos de 24 horas, tomándose mediciones a intervalos de tres horas en tres profundidades (superficie, 0.3 m; media agua, 1.0 m; y fondo, 1.5 m) y en siete sitios a lo largo del oasis, partiendo desde el manantial.

Las mediciones fueron efectuadas con un equipo de determinación simultánea de ocho parámetros (Hydrolab Scout 2) a bordo de una lancha de aluminio de 14 pies de largo y movida por remo. Asimismo, se realizaron mediciones de la turbidez del agua en los sitios antes referidos, utilizando un disco de Secchi.

### Muestreo Ictiológico

Los muestreos de peces fueron estacionales (verano otoño de 1992, y invierno primavera de 1993) y se realizaron dentro de un ciclo de 24 horas, a intervalos de 45 minutos. Se utilizaron tres trampas sardineras (tipo "minnow"), de 42 cm de longitud por 22 cm de ancho, con una entrada circular de 23 cm, y una luz de malla de 7.4 mm. Las trampas fueron colocadas en los márgenes del arroyo, utilizando como cebo atrayentes oloríficos y visuales, con el propósito de no alterar la composición del material en el tracto digestivo de los peces colectados. La revisión periódica de las trampas permitió encontrar una mayor cantidad de material orgánico identificable.

Tomando en consideración la pequeña dimensión del oasis y el número de ejemplares de *F. lima* y *X. helleri* que pudieran ser removidos sin diezmar sus respectivas poblaciones, se efectuaron muestreos prospectivos en mayo y octubre de 1992, encontrando que un mínimo de tres trampas son suficientes para capturar el número requerido de especímenes ícticos de ambas especies para el análisis del contenido estomacal. Además, la revisión periódica de las trampas durante 24 horas, permitió garantizar una mayor representatividad de las muestras ícticas. El tamaño mínimo de muestra (número de estómagos) requerido por muestreo estacional para el análisis de contenido estomacal, fue determinado con el método de curva-especie (Brower y Zar, 1977). El tamaño mínimo de muestra obtenido osciló entre 15 y 20 estómagos.

El material íctico recién colectado fue fijado inmediatamente con formaldehído al 10 % (neutralizado con borato de sodio) y colocado en bolsas de plástico microperforadas con sus respectivos datos de colecta y transportados al Laboratorio de Vertebrados de la Facultad de Ciencias, U.A.B.C. Después de ocho días, los ejemplares fueron colocados en agua corriente para la eliminación del fijador y posteriormente preservados en alcohol isopropílico al 50 %.

Los ejemplares preservados fueron separados por especie, sexados, y medidos con un vernier (precisión 0.01 mm). Las medidas en milímetros consideradas, fueron: longitud patrón (LP) y longitud total (LT); y el peso fue medido con una balanza granataria (precisión 0.01 g).

### **Análisis de Contenido Alimenticio**

Para el análisis de la dieta, se procesaron un total de 125 peces, de los cuales 55 fueron de Verano 1992 (*F. lima*, n=24; *X. helleri*, n=31), y 70 de Primavera de 1993 (*F. lima*, n=44; *X. helleri*, n=26). Los ejemplares fueron disecados desde la

región anal hasta el istmo, siendo extraído el tracto digestivo, desde el esófago hasta el ano. Cada tracto digestivo fue limpiado de la grasa que le rodea, lavados con agua destilada, y enseguida fue removido el estómago y extraído el contenido alimenticio. Dicho material fue colocado en una caja petri, donde con la ayuda de un microscopio estereoscópico, fueron separados e identificados los distintos rubros alimenticios siguiendo los criterios de Usinger (1963) y Pennak (1978). Asimismo, las presas completas fueron contadas y medidas. Para el caso de presas incompletas (restos), solamente se consideraron para ser cuantificadas como unidad cuando presentaron más del 50 % de su cuerpo.

Para el análisis cuantitativo del contenido estomacal de las dos especies, se utilizaron los siguientes métodos descritos en Lagler (1978), Hyslop (1980) y Ruiz-Campos y Cota-Serrano (1992):

Porcentaje de frecuencia de ocurrencia (% FO), del taxón presa j, que es calculado como el porcentaje de los estómagos analizados que contienen el taxón presa j; porcentaje de volumen aparente (% VA), del taxón presa j, que es calculado basándose en el volumen total identificable del taxón presa j, como un porcentaje del volumen total identificable de todos los contenidos estomacales analizados.

El porcentaje numérico (% N) de los rubros alimenticios de origen vegetal, no fue cuantificado debido a que no es posible considerar cada fragmento vegetal como unidad (Ruiz-Campos y Hammann, 1991).

Para determinar la interacción trófica entre *F. lima* y *X. helleri*, se analizó la similitud de sus dietas, y el índice utilizado para estimar el traslape, fue el de Schoener (1970). Este modelo relaciona la frecuencia de utilización de los recursos alimenticios entre dos especies, y según Wallace (1981) es el más adecuado en ausencia de datos de disponibilidad de recursos alimenticios (presas) en el medio ambiente. La ecuación se define:

$$\infty = \left[ 1 - 0.5 \left( \sum_{j=1}^n P_{xi} - P_{yi} \right) \right] * 100$$

donde:  $P_{xi}$  = es el valor proporcional (FO ó VA) de la categoría alimenticia "i" en la dieta de la especie x;  $P_{yi}$  = es el valor proporcional (FO ó VA) de la categoría alimenticia "i" en la dieta de la especie y. La significancia del traslape ( $\infty$ ) se consideró para valores  $\geq 0.60$  (60 %) (Zaret y Rand, 1971).

Con el índice de Schoener, se cuantifico el traslape trófico para las siguientes combinaciones de comparaciones entre *F. lima* y *X. helleri*:

<i>F. lima</i> vs <i>X. helleri</i>	(total para cada estación)
<i>F. lima</i> vs <i>X. helleri</i>	$\leq 35.5$ mm LP (clase de talla 1)
<i>F. lima</i> vs <i>X. helleri</i>	35.6 - 45.5 mm LP (clase de talla 2)
<i>F. lima</i> vs <i>X. helleri</i>	$\geq 45.6$ mm LP (clase de talla 3)

De igual manera, el índice de Schoener, fue aplicado para calcular el traslape trófico entre las clases de talla de *F. lima*:

$\leq 35.5$ mm LP	vs	35.6 - 45.5 mm LP
$\leq 35.5$ mm LP	vs	$\geq 45.6$ mm LP
35.6 - 45.5 mm LP	vs	$\geq 45.6$ mm LP

La diversidad trófica fue calculada por estómago para cada especie mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Pielou, 1975).

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln p_i$$

donde:  $p_i$  = número actual de presas del taxón presa  $i$  en el estómago de cada pez ( $p_i = n_i / N$ );  $n_i$  = proporción del taxón presa  $i$  con respecto al número total de presas en el estómago ( $N$ ), y  $s$  = número de especies en el estómago.

La diversidad trófica estomacal ( $H'$ ) fue comparada estadísticamente entre estaciones del año para cada especie, aplicando una prueba "t" de Student (Sokal y Rohlf, 1981). Para comparar la diversidad trófica estacional entre las diferentes clases de talla de cada especie, una prueba de Kruskal-Wallis fue aplicada (Siegel, 1956).

Las características ecomorfológicas de los peces examinados (boca, arco branquial y tracto digestivo), fueron determinadas e ilustradas esquemáticamente, con la ayuda de un estereoscopio con cámara lúcida. Dichas características ecomorfológicas permitieron apoyar y fortalecer las observaciones comparativas de los hábitos alimenticios de las especies estudiadas.

## VI RESULTADOS

### 1. Muestreo Ictiológico

Entre 1992 y 1993 se realizaron cuatro muestreos estacionales de peces en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, donde se colectaron 404 ejemplares pertenecientes a tres especies; *Fundulus lima* (n=339), *Xiphophorus helleri* (n=62), y *Cyprinus carpio* (n=3). El número de peces colectados y su respectivo rango de talla, se presenta en la Tabla 1.

Otra especie exótica presente en el oasis, pero no colectada en los muestreos con trampas, fue el "guppy" (*Poecilia reticulata*). Esta especie fue colectada con red de mano.

De las cuatro especies colectadas, tres son exóticas (*Cyprinus carpio*, *Xiphophorus helleri* y *Poecilia reticulata*) y una nativa (*Fundulus lima*).

Para el número de especies colectadas estacionalmente (Fig. 2), tenemos que en las cuatro estaciones del año, la especie que predominó fue *F. lima*, siendo en primavera (n=155) cuando se registró en mayor número en los muestreos

La segunda especie más abundante fue *X. helleri*, el cual fue notable en las estaciones de primavera (n=26) y verano (n=31), sin embargo en otoño (n=3) e invierno (n=2) fue mínima su captura. La carpa de Israel (*C. carpio*) estuvo representada por tres ejemplares juveniles colectados en verano.

En cuanto a los resultados de la colecta de *F. lima* y *X. helleri* en el período de 24 horas, tenemos que el horario de mayor captura fue entre las 14 y 20 horas, destacando para *F. lima* el lapso de 14-16 horas (Fig. 3).

Tabla 1. Número de peces colectados (n) por estación del año y su respectivo rango de talla (longitud patrón en mm) en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

ESPECIES	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA
	1992	1992	1993	1993
<i>Fundulus lima</i>	n = 76	n = 52	n = 56	n = 155
	LP = 30.0 - 64.2	LP = 31.8 - 64.7	LP = 29.5 - 69.4	LP = 32.0 - 73.5
<i>Xiphophorus helleri</i>	n = 31	n = 3	n = 2	n = 26
	LP = 26.1 - 47.8	LP = 28.3 - 42.4	LP = 35.4 - 41.5	LP = 29.0 - 53.1
<i>Cyprinus carpio</i>	n = 3			
	LP = 65.7 - 70.2			

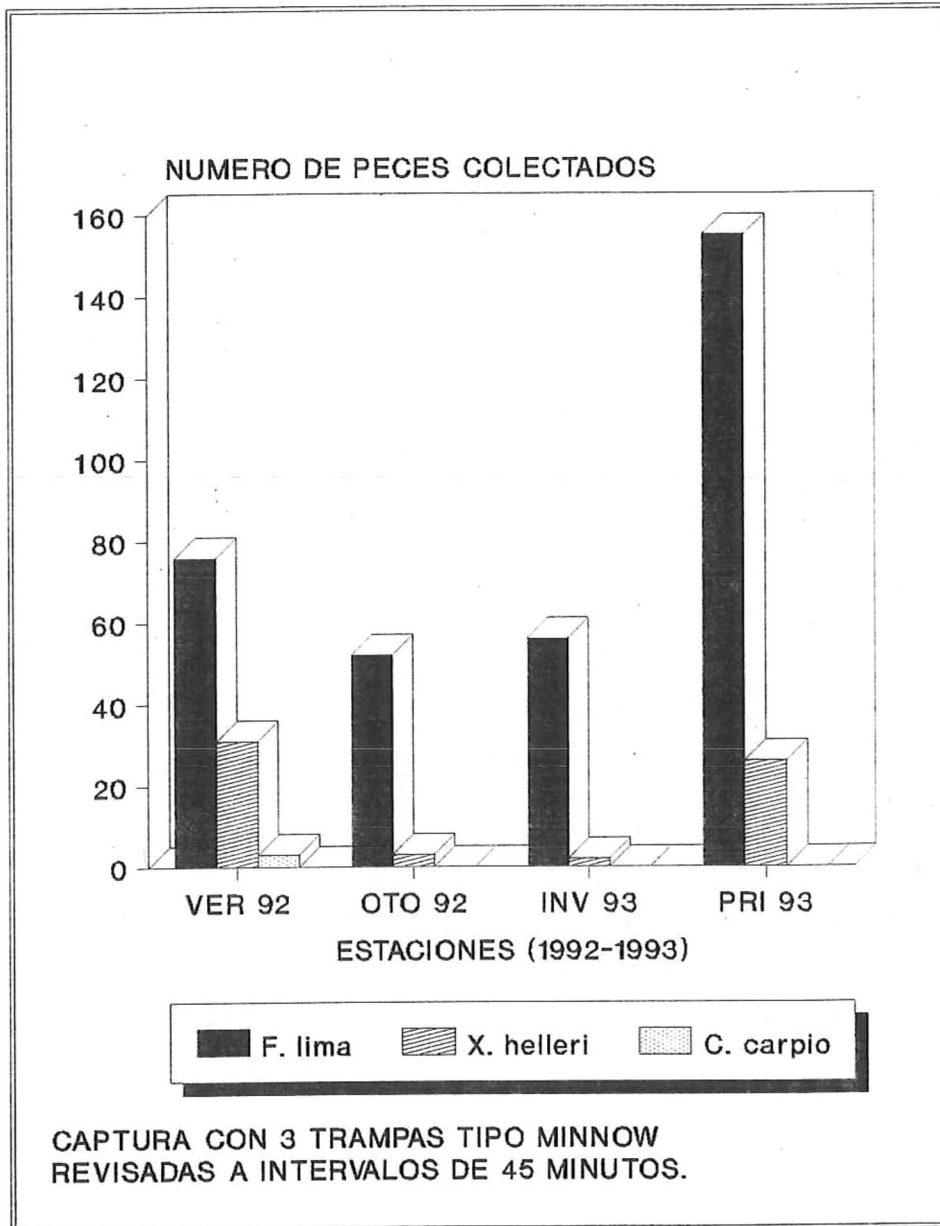


Figura 2. Número de peces colectados estacionalmente en la zona limnética del Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

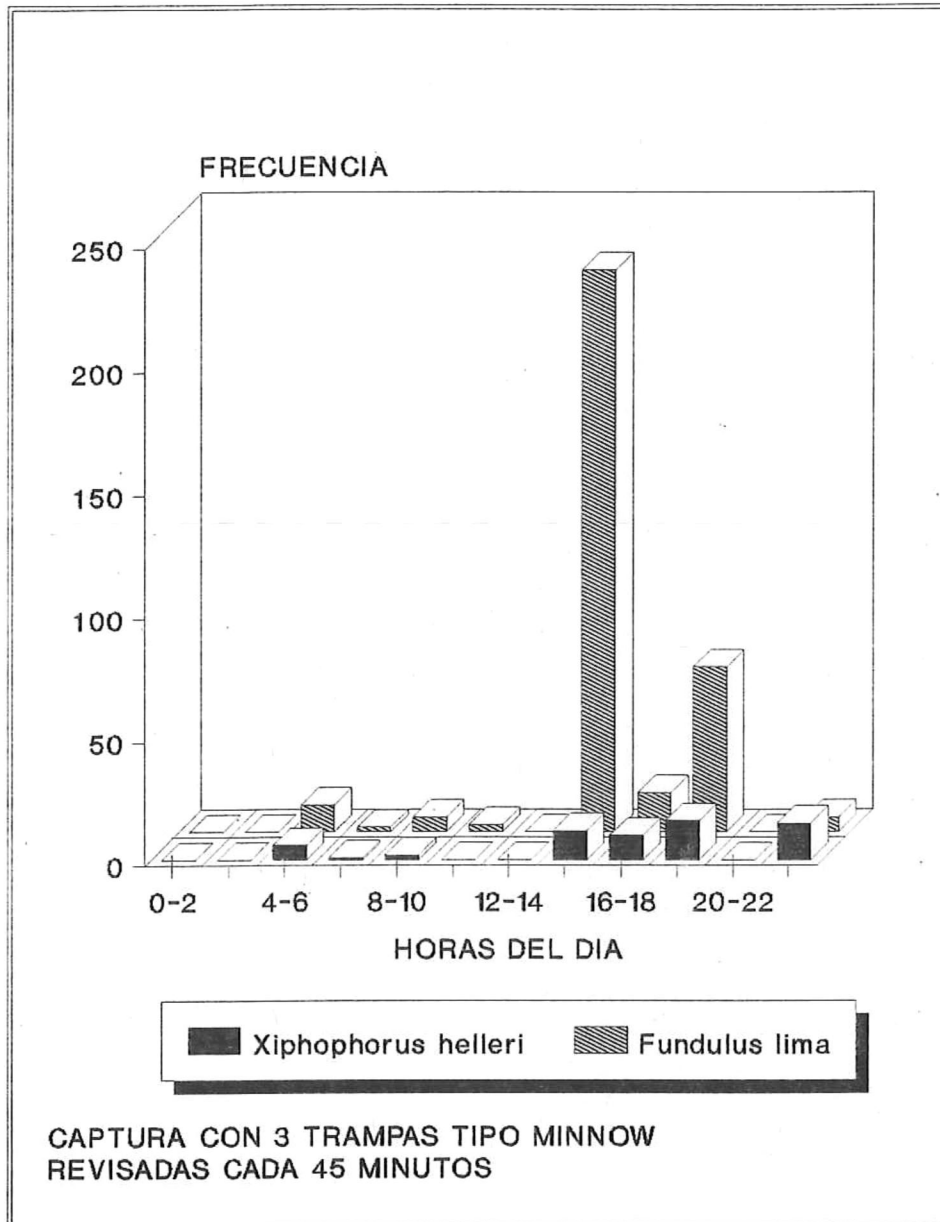


Figura 3. Frecuencia y hora de captura de *Fundulus lima* y *Xiphophorus helleri*, en los muestreos de 24 horas durante verano 1992 y primavera 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

La composición estacional por clase de talla de *F. lima* se ilustra en la figura 4. En primavera, la clase de talla 36-40 mm LP fue la más frecuente; para verano, exhibió una mayor frecuencia de individuos la clase de talla de 31-35 mm LP; en otoño, sobresalen en frecuencia de individuos, la clase de talla 46-50 mm LP; finalmente durante invierno, la clase de talla 31-35 mm LP fue la mejor representada en número de individuos.

Por su parte, la distribución de frecuencias de talla para *X. helleri*, se presenta en la figura 5. En primavera se registró una mayor frecuencia de individuos en la clase de talla 31-35 mm LP; en verano sobresalieron las clases de talla de 31-35 y 41-45 mm LP; en otoño, solamente estuvo representada de manera equitativa por tres clases de talla (26-30, 36-40 y 41-45 mm LP), y para invierno, las clases de talla 31-35 y 41-45 mm LP fueron las únicas representadas y en igual frecuencia.

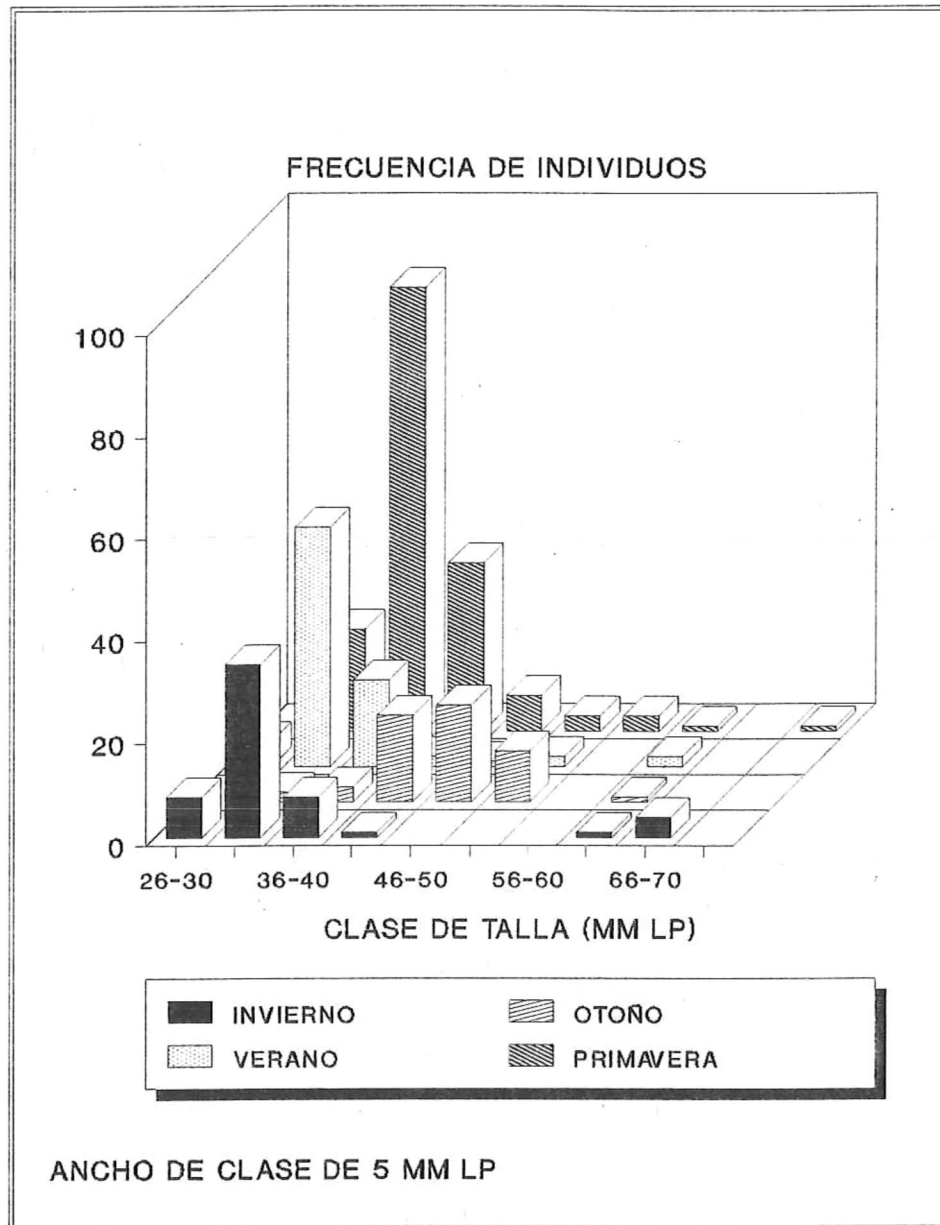


Figura 4. Distribución de individuos por clase de talla de *Fundulus lima*, durante cuatro muestreos estacionales (1992 - 1993), en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

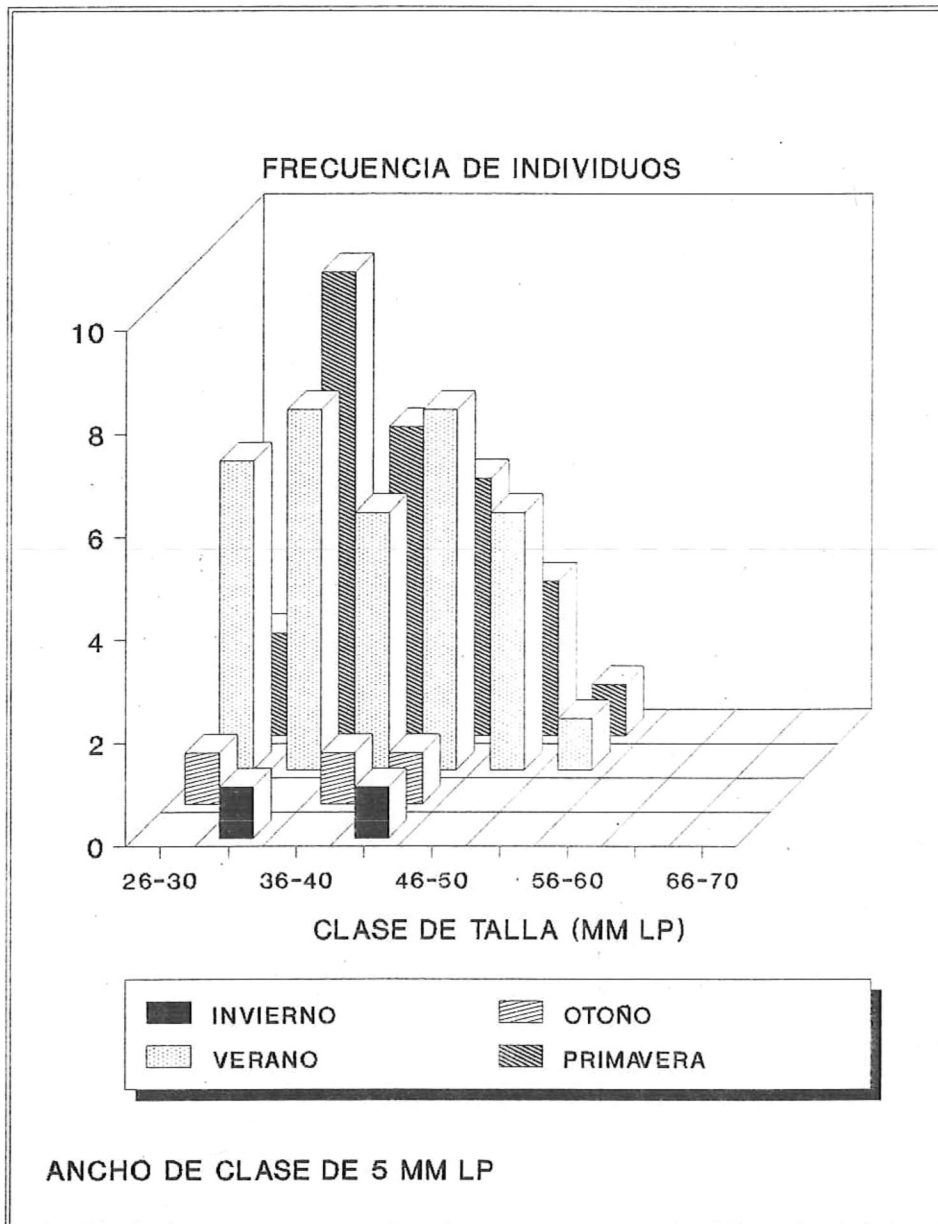


Figura 5. Distribución de individuos por clase de talla de *Xiphophorus helleri*, durante muestreos estacionales (1992 - 1993), en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

## 2. Análisis Cualitativo y Cuantitativo del Contenido Alimenticio

Para el análisis del contenido alimenticio, se revisaron un total de 68 estómagos de *Fundulus lima* (primavera, n=44; verano, n=24), y 57 de *Xiphophorus helleri* (primavera, n=26; verano, n=31).

En ambas estaciones del año, se identificaron un total de 16 artículos alimenticios para *F. lima* y un total de diez artículos para *X. helleri* (Fig. 6).

### 2.1. Composición Trófica Estacional (% Frecuencia de Ocurrencia)

En verano, se detectaron para *Fundulus lima* un total de 12 artículos en el contenido estomacal. Los artículos con mayor frecuencia de ocurrencia fueron: diatomeas (20.69 %), algas filamentosas (19.83 %) y plantas vasculares (18.96 %). El resto de los artículos alimenticios contribuyeron con el 40.52 % (Fig. 7). Para las abreviaturas de los artículos referidos en las figuras, ver Apéndice 1.

En primavera, *F. lima* incrementó a 14 el número de artículos en su dieta. Los artículos más frecuentes fueron las algas filamentosas (18.75 %), plantas vasculares (18.75 %) y granos de arena (18.75 %). Otros artículos contribuyeron con el 43.76 % (Fig. 7).

En lo respectivo a *Xiphophorus helleri*, esta especie registró en verano un total de ocho artículos en el contenido estomacal, los cuales fueron en orden de frecuencia: plantas vasculares (23.95 %), algas filamentosas (23.08 %) y diatomeas (18.46 %). El resto de los artículos contribuyeron con el 34.62 %. También en primavera, se detectaron ocho artículos alimenticios. Los más importantes fueron las algas filamentosas (22.73 %), plantas vasculares (21.82 %) y granos de arena (21.82 %). El resto de los artículos contribuyó con el 34.64 % (Fig. 7).

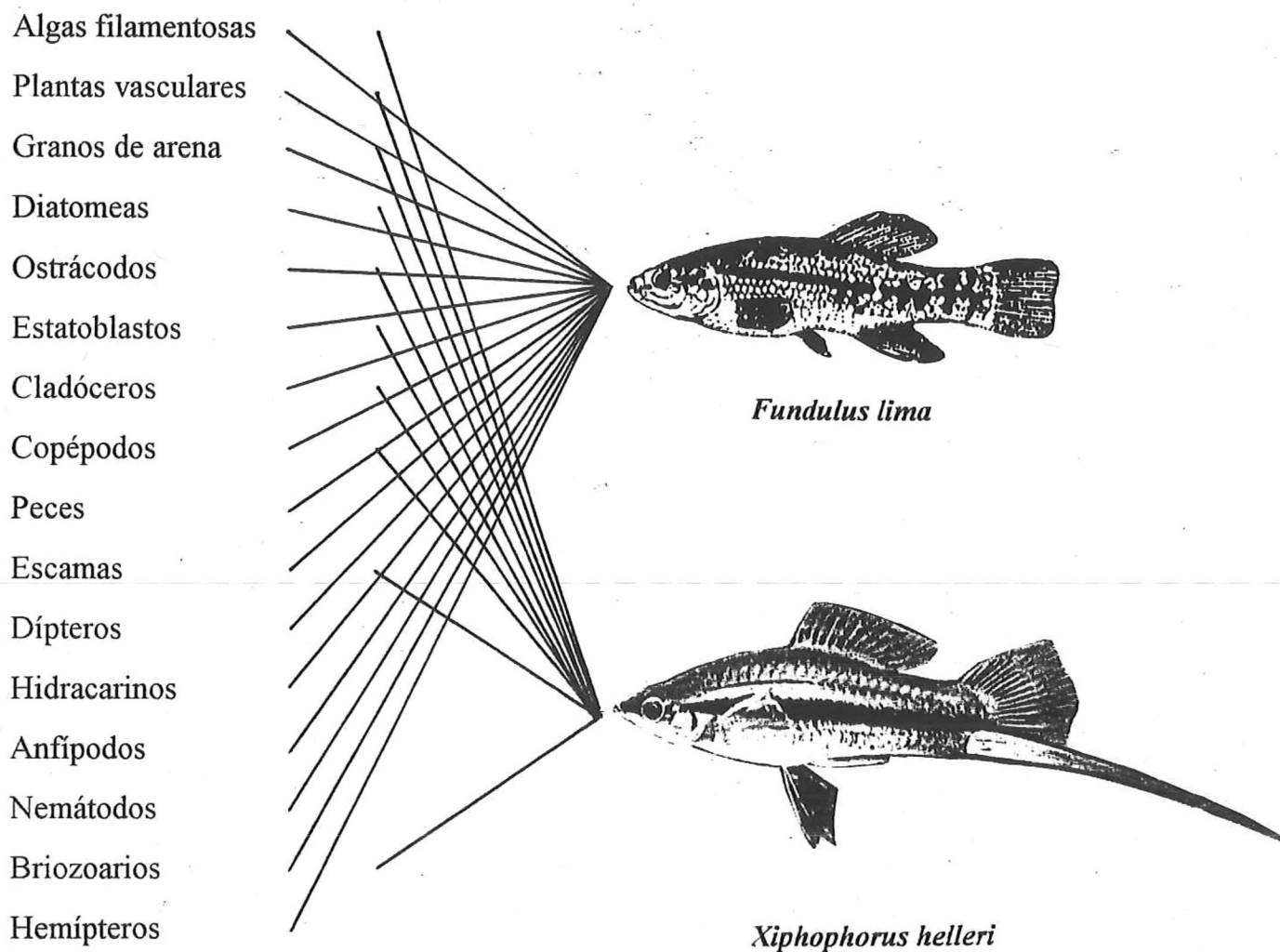


Figura 6. Principales artículos alimenticios utilizados por *Fundulus lima* y *Xiphophorus helleri*, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

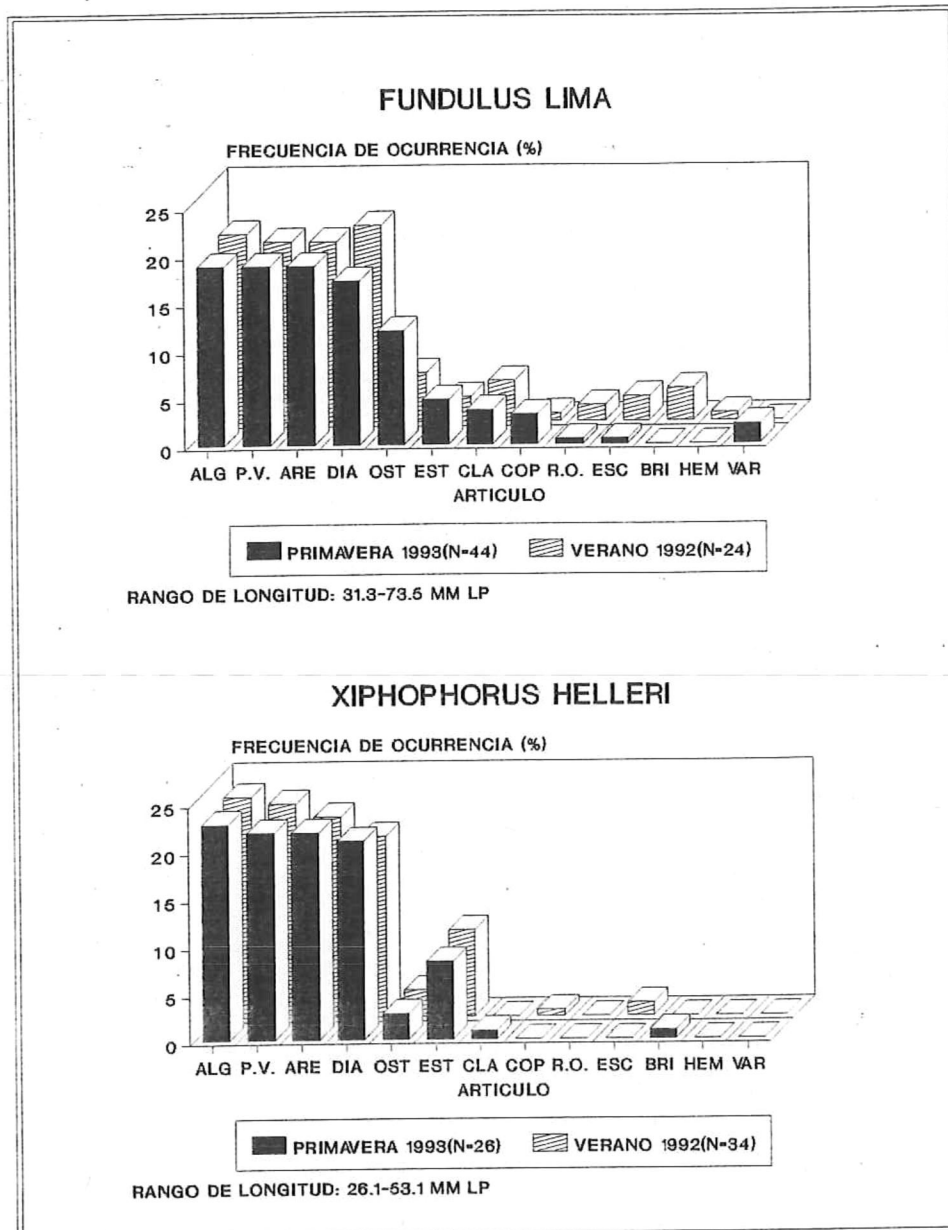


Figura 7. Frecuencia de ocurrencia de los artículos alimenticios en la dieta del pez nativo (*Fundulus lima*) y el pez exótico (*Xiphophorus helleri*), durante primavera y verano, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

## 2.2. Composición Trófica Estacional (% Volumen Aparente)

El pez *Fundulus lima* registró durante verano un total de 12 artículos en el contenido estomacal. Los más importantes en cuanto a su contribución por volumen fueron: algas filamentosas (31.83 %), diatomeas (22.96 %) y granos de arena (20.96 %). Otros artículos contribuyeron con el 24.25 %. En primavera, *F. lima* incrementó su espectro alimenticio a 14 artículos, siendo los más importantes: algas filamentosas (37.98 %), granos de arena (21.9 %) y plantas vasculares (17.52 %). El resto de los artículos contribuyeron con el 22.60 % (Fig. 8).

En relación a *Xiphophorus helleri* durante verano, se detectó un total de ocho artículos en el contenido estomacal, de los cuales los más importantes fueron: plantas vasculares (32.58 %), algas filamentosas (27.07 %) y granos de arena (23.37 %). El resto de los artículos contribuyeron con el 16.97 %. En primavera, *X. helleri* de nuevo registró ocho artículos alimenticios, siendo los más importantes: algas filamentosas (33.81 %), granos de arena (25.91 %) y plantas vasculares (20.24 %). Otros artículos contribuyeron con el 20.04 % (Fig. 8).

## 2.3. Composición Trófica Estacional por Clase de Talla

El pez nativo (*Fundulus lima*) presentó un rango de tallas de 30.0 - 73.5 mm LP durante las estaciones de verano y primavera; en cambio, el pez exótico (*Xiphophorus helleri*) registró un rango de tallas de 26.1 - 53.1 mm LP. Para ambas especies fue analizada la dieta estacional en tres clases de talla: clase de talla 1 ( $\leq 35.5$  mm), clase de talla 2 (35.6 - 45.5 mm), y clase de talla 3 ( $\geq 45.6$  mm).

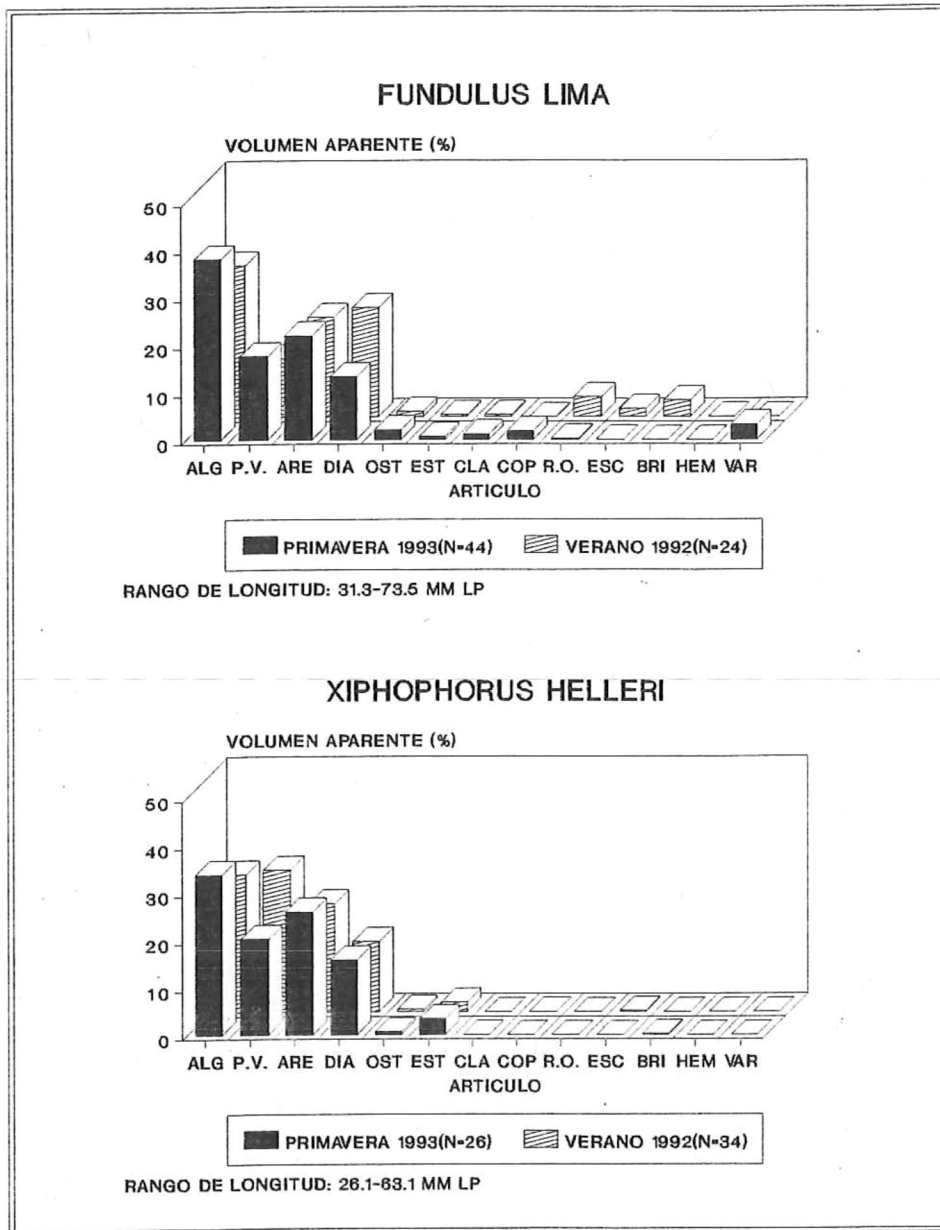


Figura 8. Volumen aparente de los artículos que componen la dieta del pez nativo (*Fundulus lima*) y el pez exótico (*Xiphophorus helleri*) durante primavera y verano, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

### 2.3.1. Porcentaje de Frecuencia Ocurrencia (%FO), para la Clase de Talla 1 ( $\leq 35.5$ mm LP)

Esta clase de talla de *F. lima*, registró en verano ocho artículos alimenticios, siendo los más importantes: algas filamentosas, plantas vasculares y diatomeas (con una frecuencia de 21.74 % cada uno), granos de arena (20.29 %) y ostrácodos (5.8 %). Durante primavera, el número de artículos disminuyó a seis, siendo los más importantes: algas filamentosas, plantas vasculares, granos de arena, y diatomeas (20 % cada uno) (Fig. 9).

En verano, la dieta de *X. helleri* estuvo representada por siete artículos alimenticios, siendo los más importantes: las algas filamentosas, plantas vasculares, granos de arena y diatomeas (22.03 % cada uno). Asimismo en primavera, sobresalieron también las algas filamentosas, plantas vasculares, granos de arena y diatomeas (22.73 % cada uno), como los artículos más importantes en la dieta ( Fig. 9).

### 2.3.2. Porcentaje de Volumen Aparente (%VA), para la Clase de Talla 1 ( $\leq 35.5$ mm LP)

En el verano, *F. lima* presentó un total de ocho artículos alimenticios, siendo los más importantes: algas filamentosas (35.33 %), diatomeas (26.33 %), granos de arena (23.33 %) y plantas vasculares (10.13 %). En primavera, se redujo a seis artículos, siendo los más importantes: algas filamentosas (30 %), plantas vasculares (27.5 %), diatomeas (20 %), y granos de arena (19 %) (Fig. 10).

Por su parte *X. helleri* registró en verano un total de siete artículos alimenticios, destacando: granos de arena (31.50 %), algas filamentosas (28.18 %), diatomeas (22.78 %) y plantas vasculares (14.67 %).

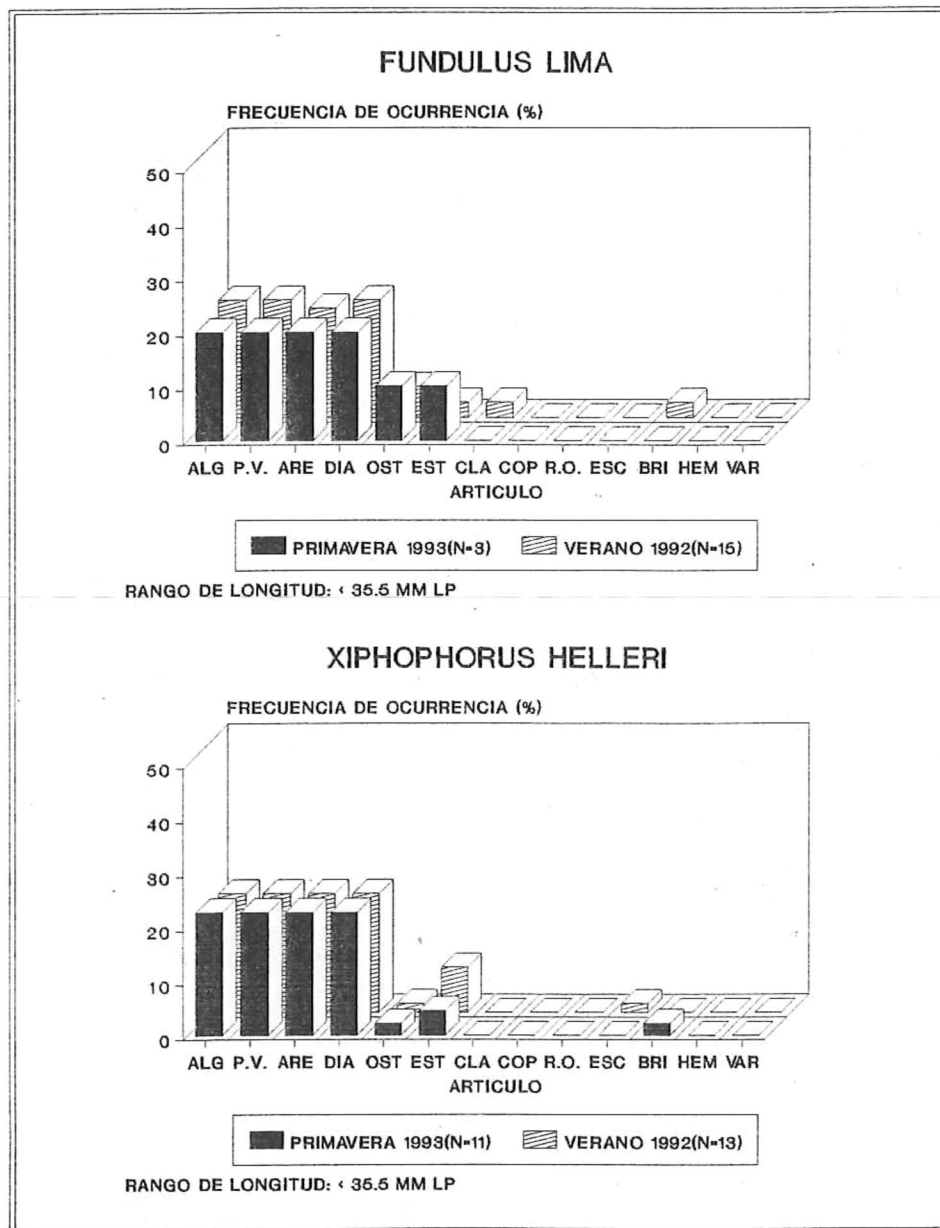


Figura 9. Comparación de la dieta estacional (primavera y verano) de las clases de talla 1 ( $\leq 35.5$  mm LP) de *Fundulus lima* y *Xiphophorus helleri*, según frecuencia de ocurrencia, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

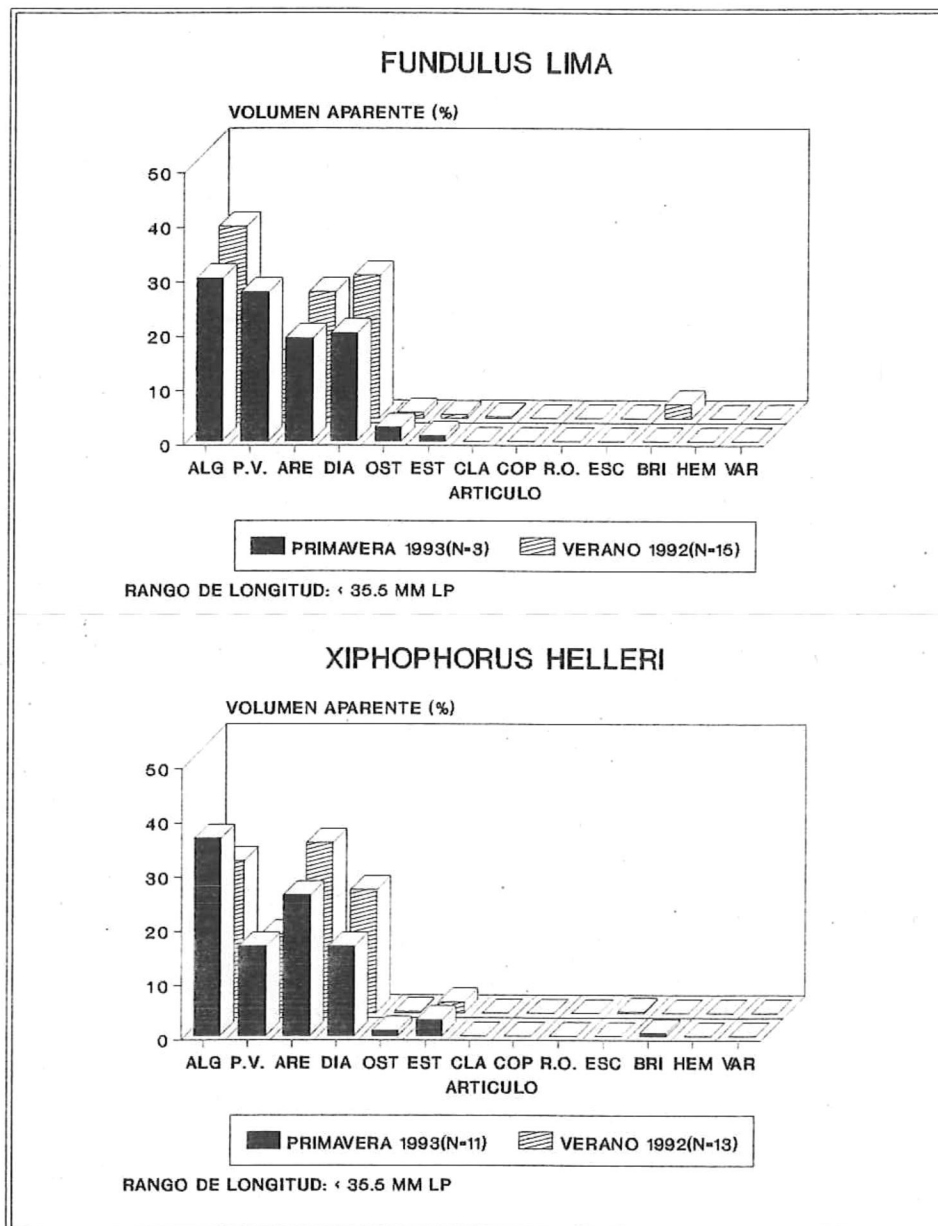


Figura 10. Comparación de la dieta estacional (primavera y verano) de las clases de talla 1 ( $\leq 35.5$  mm LP) de *Fundulus lima* y *Xiphophorus helleri*, según el volumen aparente, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

En primavera, la dieta estuvo representada por siete rubros alimenticios, siendo las algas filamentosas (36.46 %), granos de arena (25.97 %), plantas vasculares (16.48 %) y diatomeas (16.48 %).

### **2.3.3. Porcentaje de Frecuencia de Ocurrencia (%FO), para la Clase de Talla 2 (35.6-45.5 mm LP)**

En el ciprinodóntido nativo *Fundulus lima*, se presentó un total de diez artículos alimenticios durante verano, siendo las diatomeas (22.73 %), algas filamentosas (18.18 %), granos de arena (18.18 %) y plantas vasculares (13.64 %), los más importantes en frecuencia de ocurrencia (Fig. 11) En primavera, la dieta incluyó a 11 artículos, dominando de nuevo las algas filamentosas, las plantas vasculares y granos de arena (18.25 % cada uno). Asimismo, otros como las diatomeas (17.48 %) y ostrácodos (11.11 %) registraron cantidades significativas (Fig. 11).

En lo tocante a *Xiphophorus helleri*, durante verano, esta especie presentó un total de ocho artículos alimenticios, siendo los más importantes las plantas vasculares (26.53 %), algas filamentosas (24.49 %), granos de arena (20.41 %) y diatomeas (14.29 %). En primavera, la dieta se redujo a seis artículos y de nuevo dominada por algas filamentosas, plantas vasculares, granos de arena (22.92 % cada uno) y diatomeas (20.83 %) (Fig. 11).

### **2.3.4. Porcentaje de Volumen Aparente (%VA), para la Clase de Talla 2 (35.6-54.5 mm LP)**

La dieta de *Fundulus lima* presentó en verano diez artículos alimenticios, donde destacan en términos de volumen aparente las algas filamentosas (28.8 %), diatomeas (19.6 %), plantas vasculares (14.6 %) y peces (14 %) (Fig. 12).

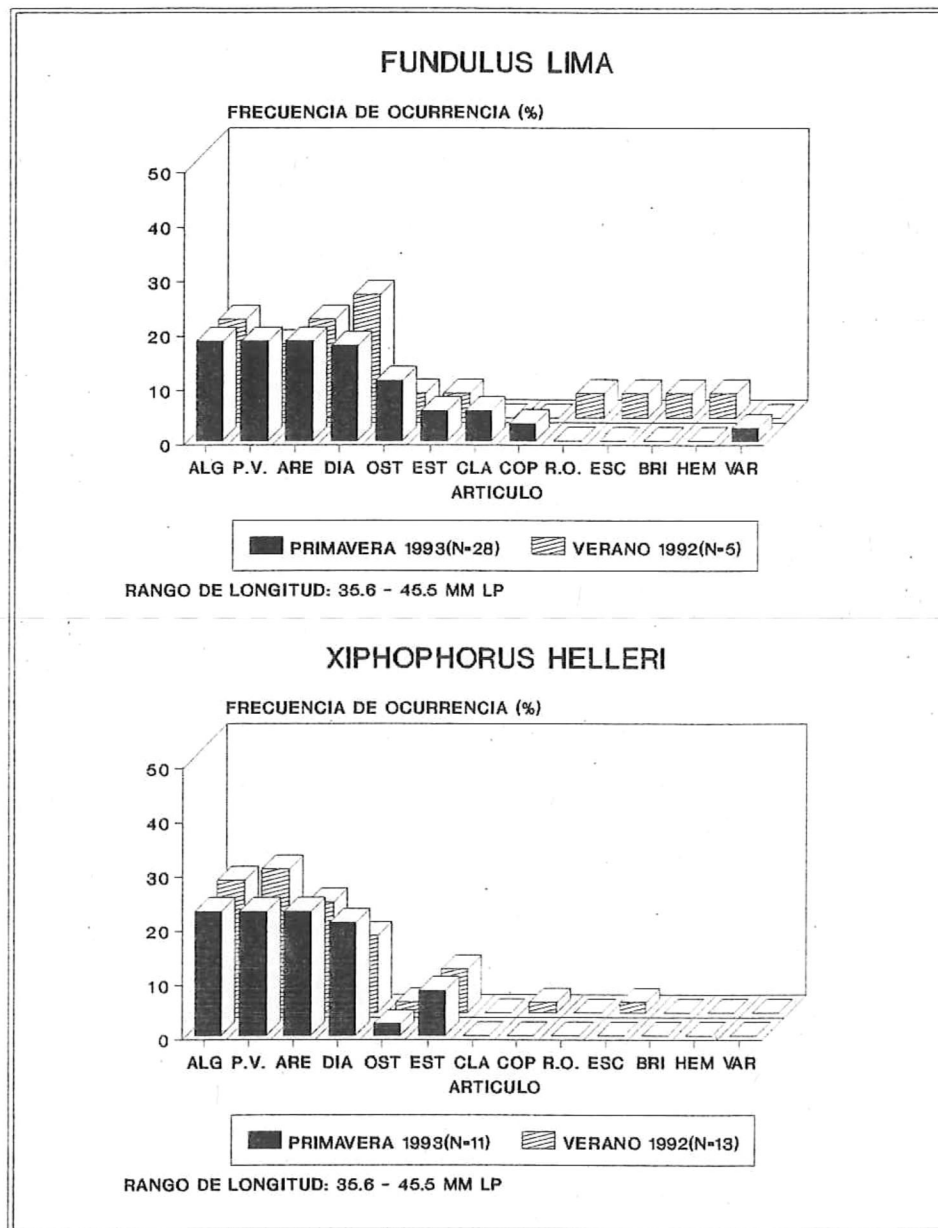


Figura 11. Comparación de la dieta estacional (primavera y verano) según frecuencia ocurrencia entre las clases de talla 2 (35.6 - 45.5 mm LP) de *Fundulus lima* y *Xiphophorus helleri*, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

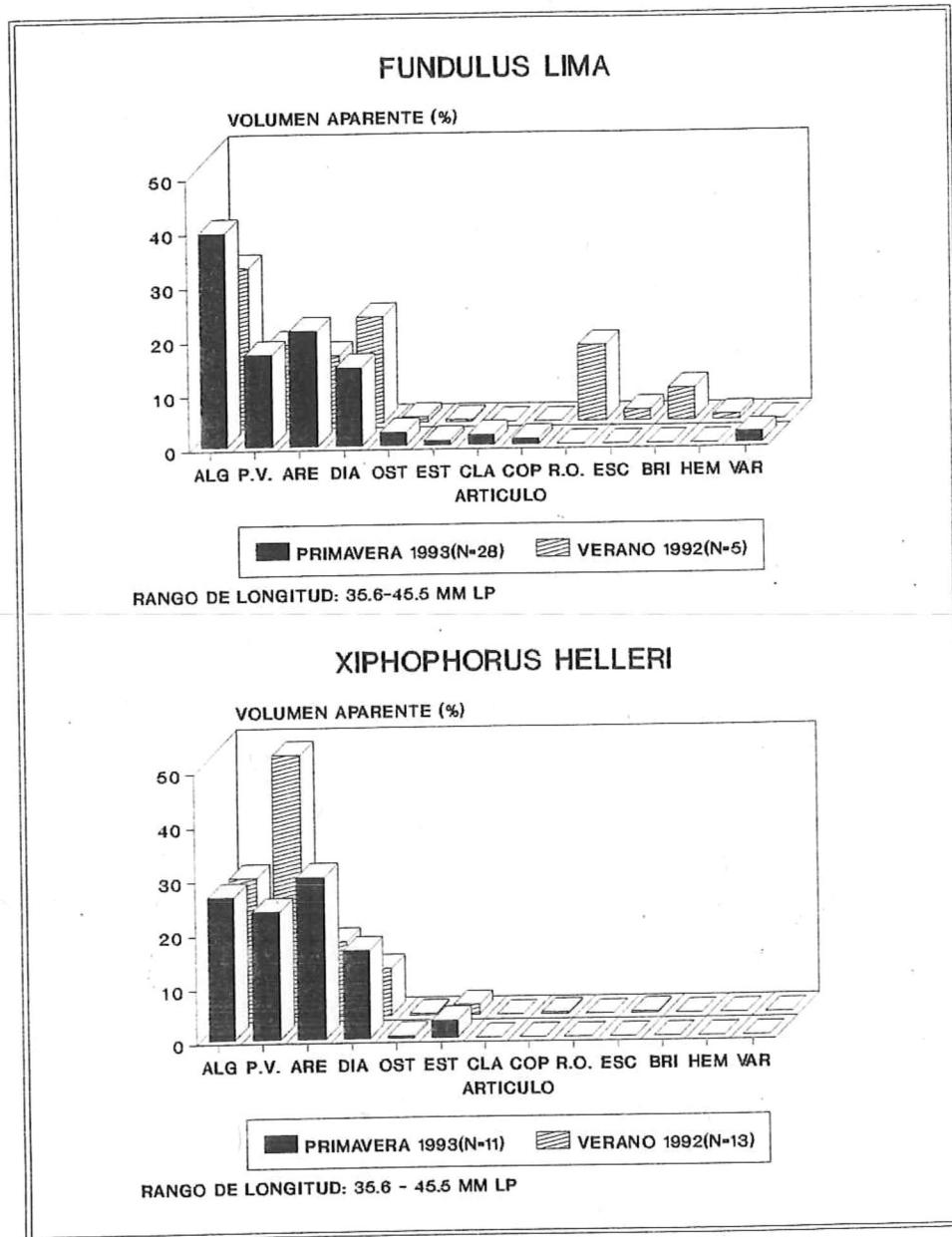


Figura 12. Comparación de la dieta estacional (primavera y verano) entre las clases de talla 2 (35.6 - 45.5 mm LP) de *Fundulus lima* y *Xiphophorus helleri*, según volumen aparente en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

En primavera la dieta se incrementó a 11 artículos, donde las algas filamentosas (39.44 %), granos de arena (21.24 %), plantas vasculares (16.92 %) y diatomeas (14.4 %), fueron los artículos más importantes (Fig. 12).

En cuanto a *Xiphophorus helleri*, esta especie registró durante verano un total de ocho artículos alimenticios, destacando las plantas vasculares (48.46 %), algas filamentosas (25.77 %) y granos de arena (13.85 %) La dieta en primavera se redujo a seis artículos, destacando los granos de arena (30 %), algas filamentosas (26.36 %) y plantas vasculares (23.63 %) (Fig. 12).

### **2.3.5. Porcentaje de Frecuencia de Ocurrencia (%FO), para la Clase de Talla 3 ( $\geq 45.6$ mm LP)**

En esta clase de talla, *Fundulus lima* presentó para verano un total de diez artículos alimenticios, siendo éstos: algas filamentosas, plantas vasculares, diatomeas y granos de arena (16 % cada uno) y cladóceros (12 %). Para primavera, se presentaron igualmente diez artículos, siendo los más importantes, las algas filamentosas, plantas vasculares y granos de arena (19.64 % cada uno), así como las diatomeas (16.07 %) y ostrácodos (14.29 %) (Fig. 13).

Para *Xiphophorus helleri* durante verano, se presentaron cinco artículos alimenticios, de los cuales fueron dominantes las algas filamentosas, plantas vasculares, y granos de arena (22.73 % cada uno) y diatomeas (18.18 %). En primavera, la dieta se incrementó a siete artículos, donde los más importantes fueron: algas filamentosas y granos de arena (21.05 % cada uno), plantas vasculares, diatomeas y estatoblastos (15.79 %) (Fig. 13).

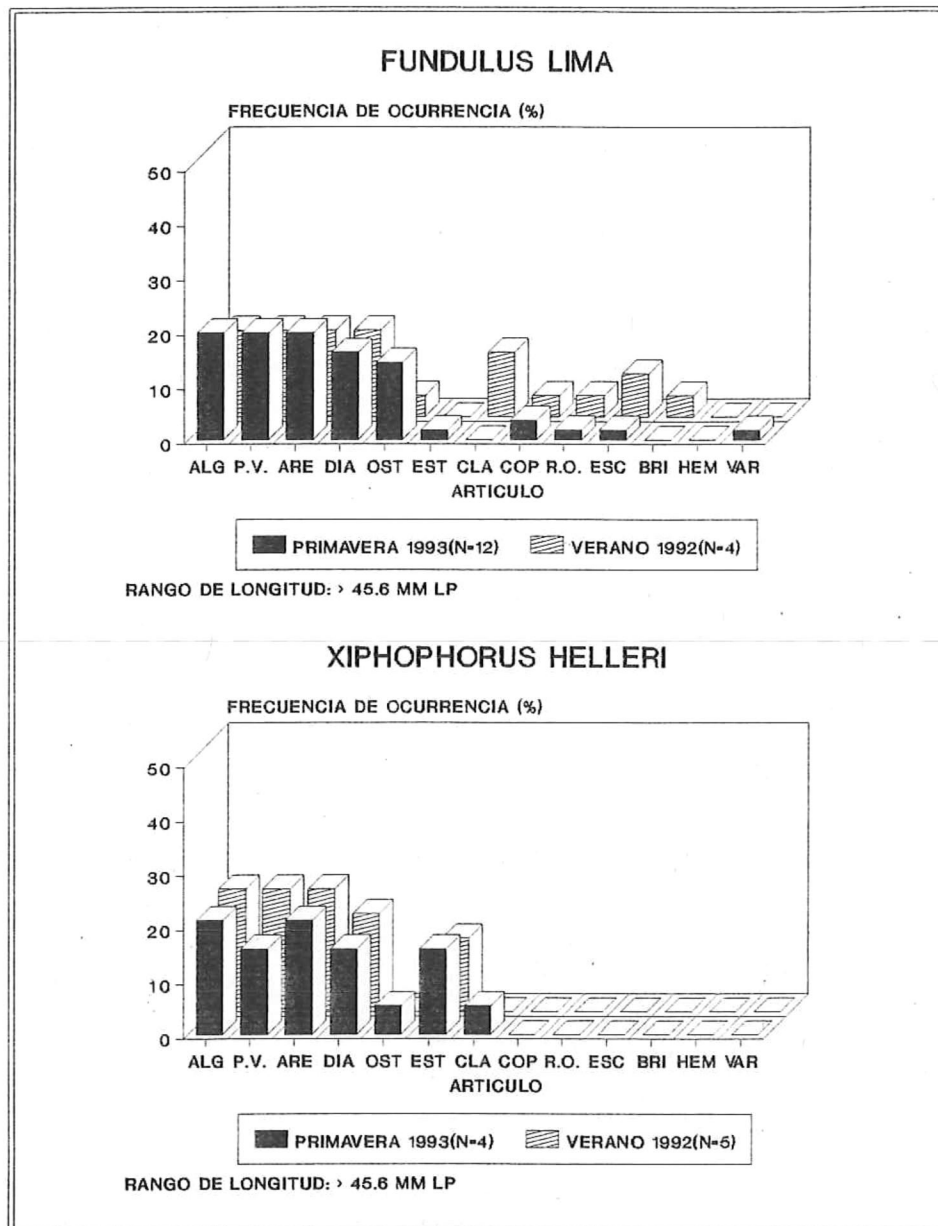


FIGURA 13. Comparación de la dieta estacional (primavera y verano) de las clases de talla 3 ( $\geq 45.5$  mm LP) de *Fundulus lima* y *Xiphophorus helleri*, según frecuencia ocurrencia en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

**2.3.6. Porcentaje de Volumen Aparente (%VA),  
para la Clase de Talla 3 ( $\geq 45.6$  mm LP)**

La clase de talla 3 de *Fundulus lima*, registró un total de diez artículos alimenticios en verano, siendo dominantes las algas filamentosas, granos de arena (22.5 % cada uno), plantas vasculares (17.5 %) y diatomeas (14.5 %). En primavera, la dieta fue similar a la anterior, siendo de nuevo los dominantes las algas filamentosas (36.25 %), granos de arena (23.75 %), plantas vasculares (17.08 %) y diatomeas (9.75 %) (Fig. 14).

Para el caso del exótico *Xiphophorus helleri*, exhibió durante verano un total de cinco artículos alimenticios, siendo los más dominantes las plantas vasculares (37 %), algas filamentosas (27 %), granos de arena (20.6 %) y diatomeas (12 %). Durante primavera, la dieta se incrementó a siete artículos, siendo los más notables las algas filamentosas (45 %), granos de arena (20 %), plantas vasculares (18.75 %) y diatomeas (11.25 %) (Fig. 14).

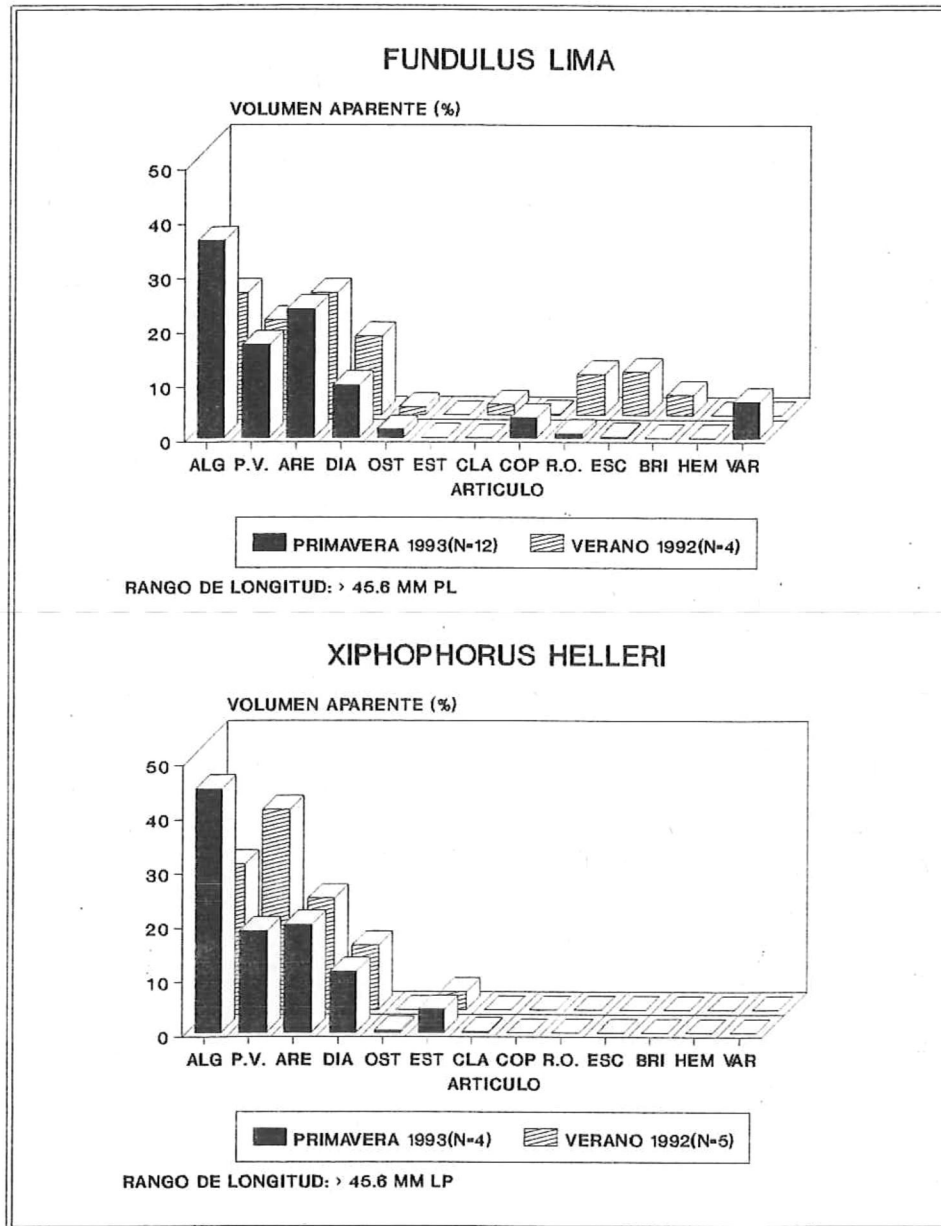


Figura 14. Comparación de la dieta estacional (primavera y verano) de las clases de talla 3 ( $\geq 45.6$  mm LP) de *Fundulus lima* y *Xiphophorus helleri*, según volumen aparente, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.

### 3. Determinación de Traslape de Nicho Trófico

#### 3.1. Similitud Trófica Interespecífica

La similitud de la dieta entre *Fundulus lima* y *Xiphophorus helleri* (todas las clases de talla combinadas) durante primavera fue significativamente alta, tanto para el porcentaje de frecuencia ocurrencia ( $\alpha_{FO} = 81.76 \%$ ), como para el porcentaje de volumen aparente con ( $\alpha_{VA} = 87.83 \%$ ). También en verano, la similitud trófica fue significativa para el porcentaje de frecuencia ocurrencia ( $\alpha_{FO} = 82.65 \%$ ) y el porcentaje de volumen aparente ( $\alpha_{VA} = 75.8 \%$ ).

#### 3.2. Similitud Trófica Interespecífica por Clase de Talla

La similitud trófica entre *F. lima* y *X. helleri* durante primavera y verano, y en lo que respecta a sus tres clases de talla, se detalla en la tabla 2.

En la clase de talla 1 ( $\leq 35.5$  mm LP), la similitud trófica fue muy significativa en primavera tanto para la frecuencia de ocurrencia ( $\alpha_{FO} = 86.81 \%$ ) como para el volumen aparente ( $\alpha_{VA} = 83.96 \%$ ). De igual manera, en verano, el traslape trófico en la clase de talla 1 de ambas especies fue significativo tanto para la frecuencia de ocurrencia ( $\alpha_{FO} = 90.11 \%$ ) como para el volumen aparente ( $\alpha_{VA} = 85.55 \%$ ).

En la clase de talla 2 (35.6-45.5 mm LP), la similitud trófica fue también significativa en ambas estaciones del año. En primavera, registró valores altos para los porcentajes de frecuencia ocurrencia ( $\alpha_{FO} = 79.86 \%$ ) y de volumen aparente ( $\alpha_{VA} = 80.22 \%$ ). De la misma manera, en verano, el traslape trófico presentó valores significativos tanto para el porcentaje de frecuencia ocurrencia ( $\alpha_{FO} = 72.91 \%$ ) y de volumen aparente ( $\alpha_{VA} = 62.98 \%$ ).

Tabla 2. Traslape trófico total (Índice de Schoener  $\alpha$ ) y por clase de talla entre *Fundulus lima* (nativo) y *Xiphophorus helleri* (exótico); y entre las clases de talla de *F. lima*, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.

COMPARACIONES	PRIMAVERA 1993		VERANO 1992	
	% F.O.	% V.A.	% F.O.	% V.A.
Total entre				
<i>F. lima</i> y <i>X. helleri</i>	0.8176	0.8783	0.8265	0.758
Por clase de talla entre				
<i>F. lima</i> y <i>X. helleri</i>				
< 35.5 mm LP	0.8681	0.8396	0.9011	0.8555
35.6 - 45.5 mm LP	0.7986	0.8022	0.7291	0.6298
> 45.6 mm LP	0.7791	0.8363	0.6398	0.7276
Entre clase de talla				
<i>F. lima</i>				
< 35.5 y 35.6 - 45.5 mm LP	0.8778	0.8356	0.8207	0.7521
35.6 - 45.5 y > 45.6 mm LP	0.8689	0.8537	0.7817	0.7845
< 35.5 y > 45.6 mm LP	0.8678	0.775	0.738	0.7845

Esta clase de talla exhibió los valores más bajos significativos de similitud trófica.

En lo respectivo a la clase de talla 3 ( $\geq 45.6$  mm LP), la similitud entre ambas especies fue igualmente significativa para primavera y verano. En primavera registró valores significativos de traslape trófico para la frecuencia ocurrencia ( $\alpha_{FO} = 77.91$  %) y volumen aparente ( $\alpha_{VA} = 83.63$  %). Durante verano, el traslape trófico fue significativo para el porcentaje de frecuencia ocurrencia ( $\alpha_{FO} = 63.98$  %) y para el porcentaje de volumen aparente ( $\alpha_{VA} = 72.76$  %).

### 3.3. Similitud Trófica entre Clases de Talla de

#### *Fundulus lima*

La similitud trófica entre clases de talla de *F. lima* fue significativa tanto en primavera como en verano (Tabla 2).

Las clases de talla 1 y 2, exhibieron traslape significativo en primavera para los valores de frecuencia ocurrencia ( $\alpha_{FO} = 87.78$  %) y de volumen aparente ( $\alpha_{VA} = 83.58$  %). También en verano, registraron valores significativos de traslape trófico en términos de frecuencia de ocurrencia ( $\alpha_{FO} = 82.07$  %) y de volumen aparente ( $\alpha_{VA} = 75.21$  %).

La similitud trófica entre las clases de talla 1 y 3 registró valores significativos en primavera ( $\alpha_{FO} = 86.78$  % y  $\alpha_{VA} = 77.5$  %). De igual forma en verano, el traslape trófico fue significativo para los valores de frecuencia de ocurrencia ( $\alpha_{FO} = 73.8$  %) y volumen aparente ( $\alpha_{VA} = 73.77$  %).

Finalmente, las clases de talla 2 y 3, registraron valores de traslape trófico significativo en primavera ( $\alpha_{FO} = 86.89$  % y  $\alpha_{VA} = 85.37$  %) y en verano ( $\alpha_{FA} = 78.17$  % y  $\alpha_{VA} = 78.45$  %).

#### 4. Diversidad trófica estomacal

El promedio de la diversidad trófica por estómago para *Fundulus lima*, registró valores de  $0.25 \pm 0.41$  en primavera y de  $0.35 \pm 0.45$  en verano. Dichos valores fueron estadísticamente similares ( $t = 0.74$ ,  $p = 0.46$ ). Asimismo, el promedio de la diversidad trófica por estómago para *Xiphophorus helleri*, exhibió valores de  $0.09 \pm 0.30$  en primavera y de  $0.09 \pm 0.24$  en verano. Dichos valores fueron estadísticamente similares ( $t = 0.05$ ,  $p = 0.96$ )

Durante primavera la diversidad trófica de *F. lima* y *X. helleri* fueron de  $0.24 \pm 0.40$  y  $0.09 \pm 0.30$ , respectivamente, siendo ambas estadísticamente similares ( $t = 1,13$ ,  $p = 0.26$ ). Para verano, la diversidad trófica entre estas dos especies ( $0.35 \pm 0.45$  y  $0.09 \pm 0.24$ ) registró diferencias significativas ( $t = 2.03$ ,  $p = 0.05$ ).

A nivel de clases de talla de *F. lima*, registró diferencias significativas durante verano (Prueba Kruskal-Wallis,  $H = 5.95$ ,  $p = 0.05$ ); Sin embargo, en primavera, no registró diferencias significativas ( $H = 3.31$ ,  $p = 0.19$ ). A nivel de clase de talla de *X. helleri*, la diversidad trófica estomacal fue estadísticamente similar tanto en verano ( $H = 4.71$ ,  $p = 0.09$ ) y primavera ( $H = 2.66$ ,  $p = 0.26$ ).

## 5. Comparación Ecomorfológica entre *Fundulus lima* y *Xiphophorus helleri*

### 5.1. *Fundulus lima*

El pez lima (*Fundulus lima*), posee una boca de forma sub-tubular y de tipo dorso terminal (Fig. 15 A). La premaxila y la mandíbula son protusibles, siendo la mandíbula más extensible. La dentición premaxilar consiste de dos filas de dientes cónicos, puntiagudos y poco curvados; la primera fila de dientes son en número de 12 a 14 y son más grandes que los de la segunda fila, los cuales son de 6 a 8. La mandíbula presenta igualmente dos filas de dientes de características similares a los premaxilares. La fila externa tiene de 14 a 16 dientes ligeramente más grandes que los de la fila interna que presenta también de 14 a 16 dientes (Fig. 16 A). La posición de la boca en estado protusible es más terminal que dorso terminal (Fig. 15 B, C). El primer arco branquial presenta 12 espinas cortas ligeramente cónicas (Fig. 17 A). El tracto digestivo es corto adquiriendo una disposición a manera de una "Z", siendo el estómago de forma sacular y diferenciable del intestino, éste último es corto y sin arrollamiento (Fig. 18 A).

Las características ecomorfológicas que exhibe *F. lima*, son indicativas de un hábito carnívoro bentónico.

### 5.2. *Xiphophorus helleri*

En el pez cola de espada (*Xiphophorus helleri*) la boca es de forma sub-tubular y ligeramente aplanada en su parte más anterior, siendo su posición dorso terminal (Fig. 19 A). La premaxila y la mandíbula son protusibles (Fig. 19 B,C), confiriéndole a la boca abierta una posición de tipo terminal (Fig. 19 B).

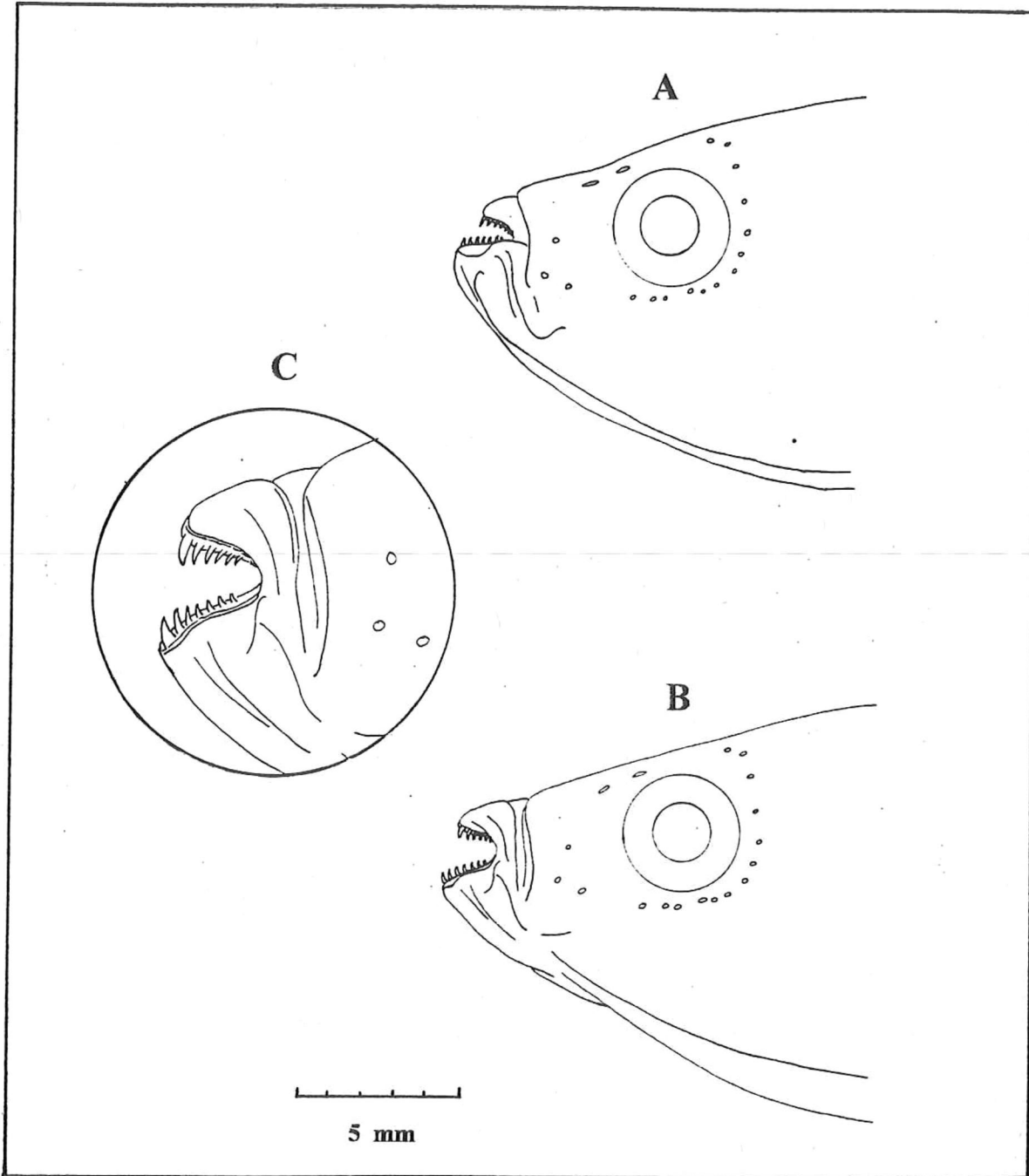


Figura 15. Morfología de la boca de *Fundulus lima*:

A - Posición normal y dorso terminal,

B y C - posición protusible y terminal.

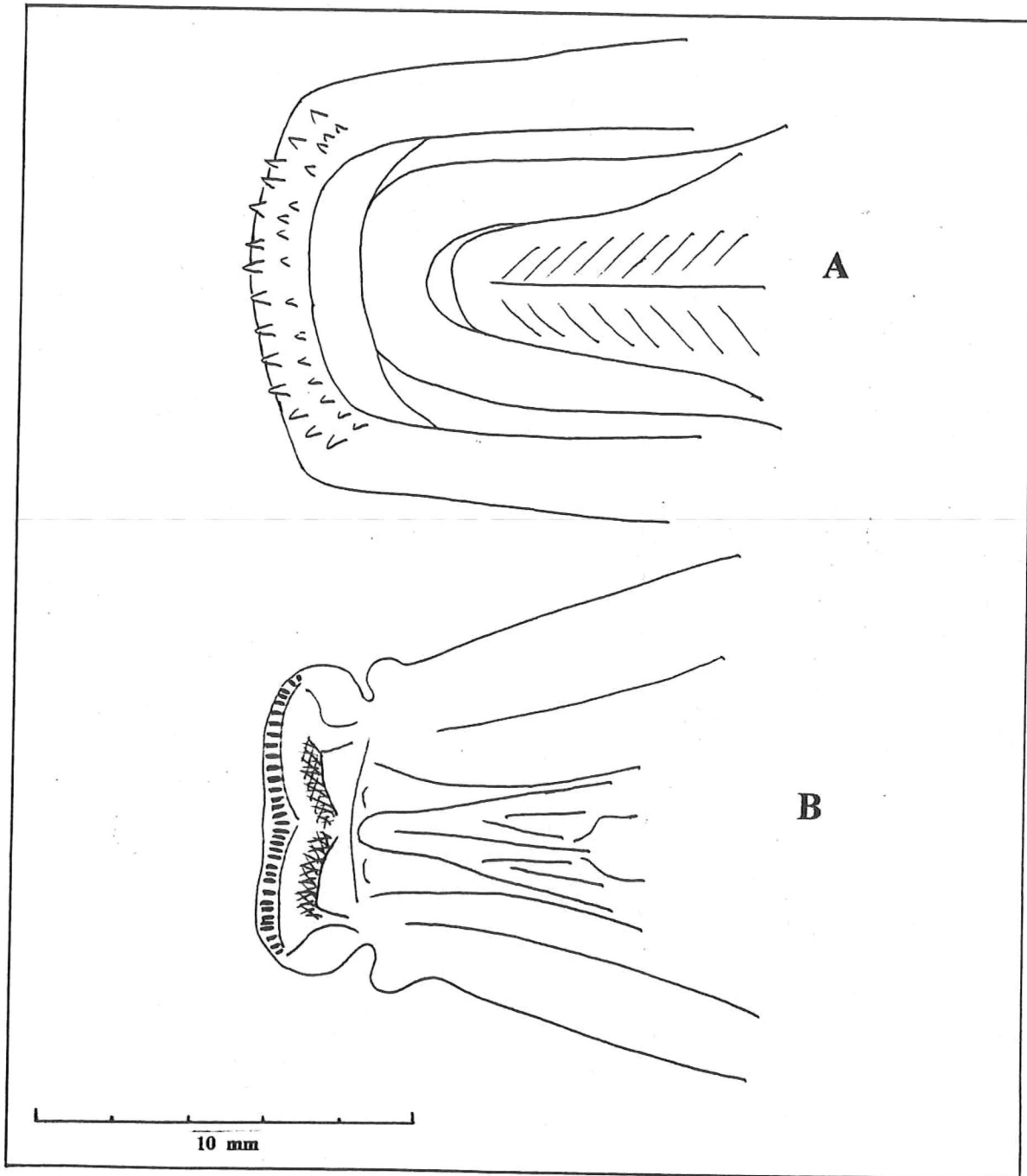


Figura 16. Morfología de la mandíbula de *Fundulus lima* (A)  
y *Xiphophorus helleri* (B).

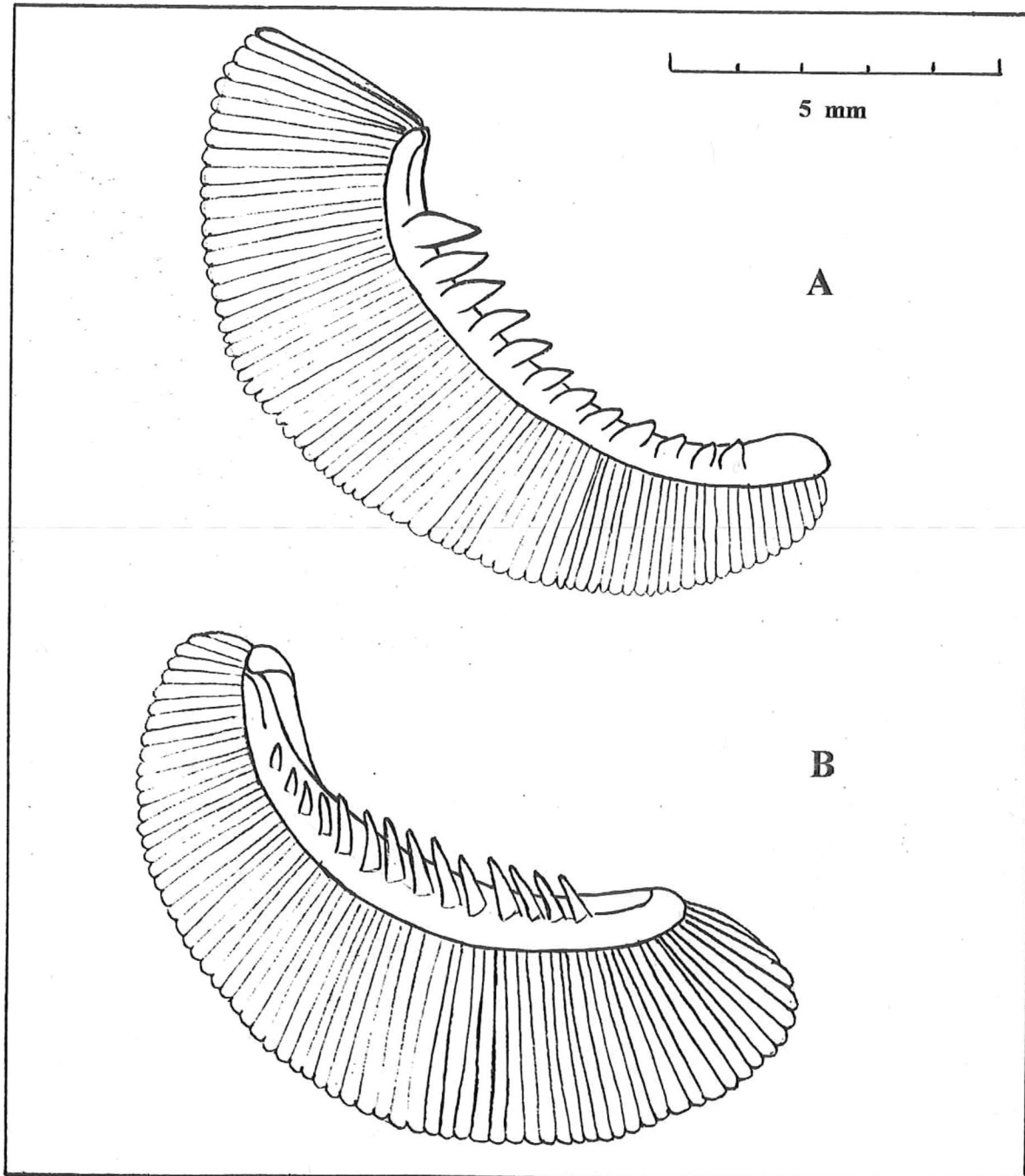


Figura 17. Morfología comparativa del primer arco branquial entre *Fundulus lima* (A) y *Xiphophorus helleri* (B).

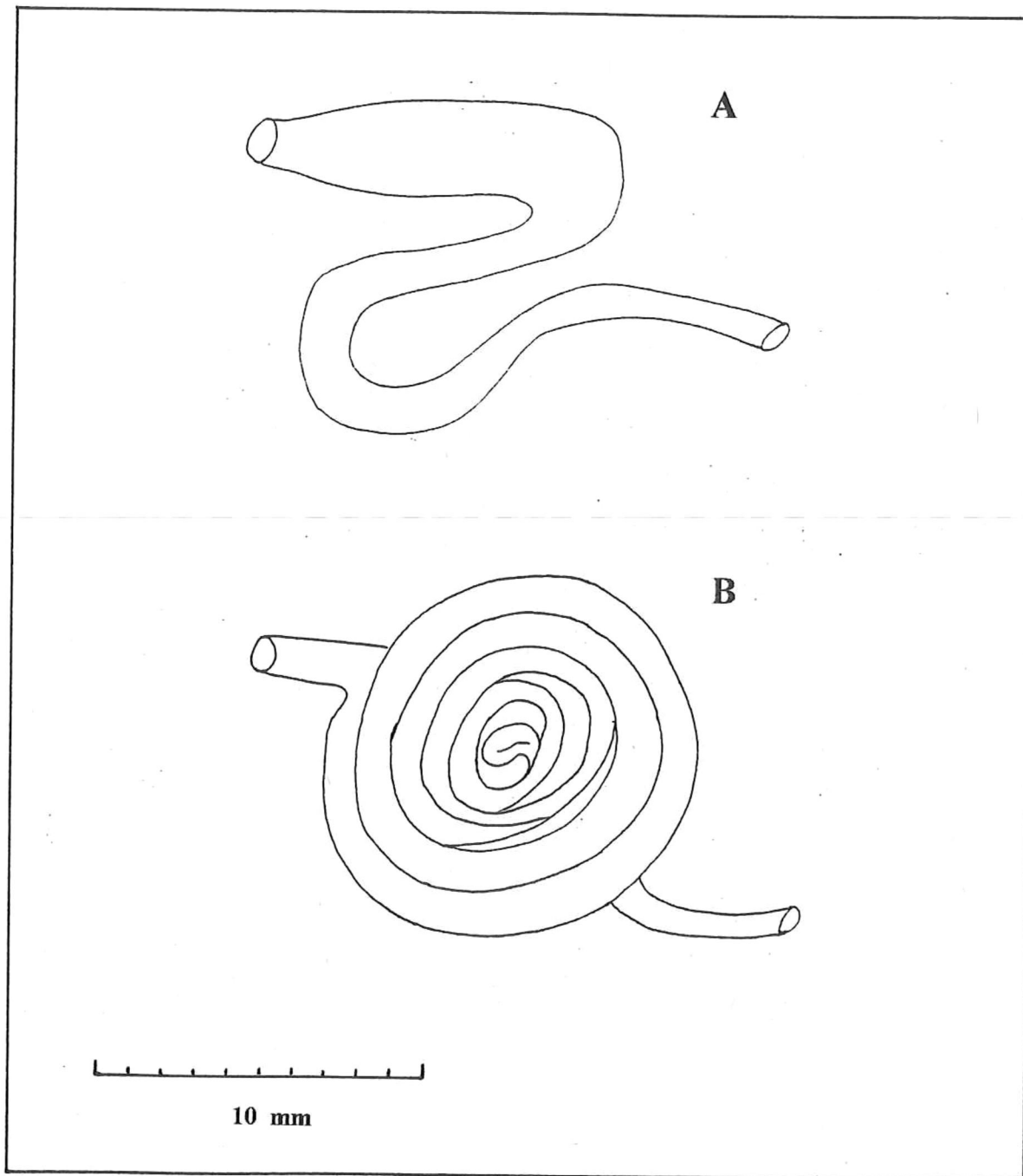


Figura 18. Comparación morfológica del tracto digestivo de *Fundulus lima* (A) y *Xiphophorus helleri* (B).

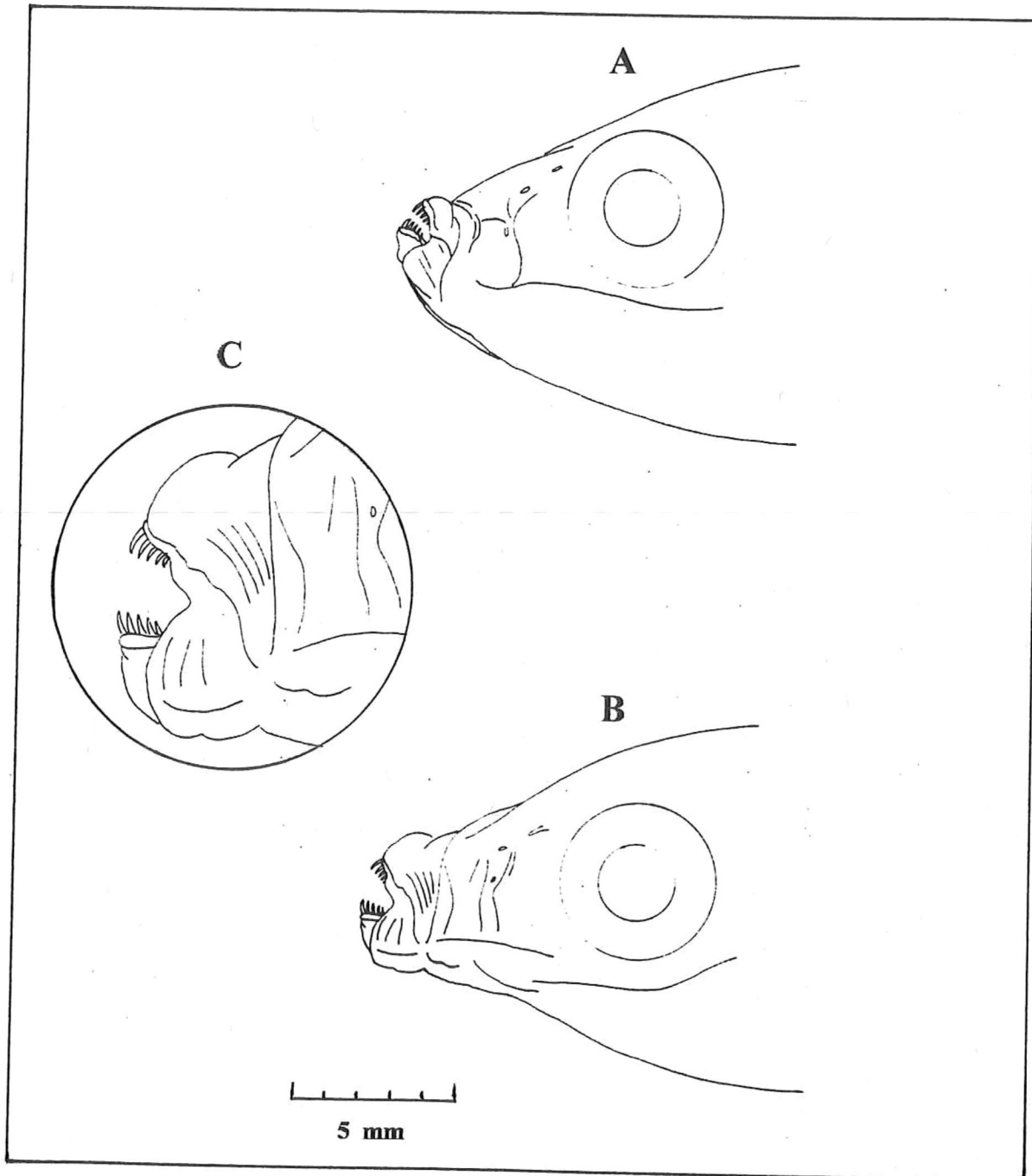


Figura 19. Morfología de la boca de *Xiphophorus helleri* en posición normal y dorso terminal (A), y en posición protusible y terminal (B y C).

La dentición en la premaxila consiste de una sola fila de dientes puntiagudos, ligeramente largos y curvados; esta fila presenta promedios de 32 a 34 dientes. En la mandíbula, se presenta igualmente una sola fila de dientes en número de 32 a 34 (Fig. 16 B), siendo sus características similares a los de la premaxila.

Los arcos branquiales, presentan 14 branquiespinas cuneiformes y aplanadas (Fig. 17 B). El tracto digestivo es largo, delgado y muy arrollado. El estómago es pequeño y tubular y es poco diferenciado del intestino (Fig. 18 B). Dichas características ecomorfológicas son indicativas de un hábito herbívoro bentónico.

## 6. Características Físico Químicas del Oasis

Tres variables físico químicas del Oasis de San Ignacio fueron medidas durante marzo de 1993 (Invierno) y mayo de 1993 (Primavera), siendo estas: concentración de oxígeno disuelto [O<sub>2</sub>], temperatura, y potencial de hidrógeno (Ruiz-Campos y Alaníz-García, datos inéditos). Los muestreos fueron realizados en ciclos de 24 horas en cada estación del año y a tres distintas profundidades (superficie 0.3 m, media agua 1.0 m, y fondo 1.5 m), en siete diferentes puntos a lo largo del oasis, partiendo desde el manantial (estación de muestreo # 1).

### 6.1. Concentración de Oxígeno Disuelto

El contenido de oxígeno durante el ciclo de 24 horas en invierno, registró los valores más bajos (4 a 6 ppm) en el manantial y conforme nos alejamos de éste, la concentración se incrementó hasta 14 ppm. La concentración de oxígeno fue más variable en la superficie y más estable para media agua y el fondo. La concentración de oxígeno fue muy similar en las tres profundidades entre las 06:43 y 07:44 horas (Fig. 20).

Durante el ciclo de 24 horas en primavera, la concentración de oxígeno a lo largo del oasis, igualmente registró una baja concentración (3 a 6.5 ppm) en el manantial, incrementándose hasta 12 ppm en los sitios lejanos a éste. Asimismo, los niveles de oxígeno disuelto en las tres profundidades fueron muy similares a lo largo del oasis (Fig. 21).

En la figura 22, se compara la concentración de oxígeno (todos los sitios de muestreo combinados) entre invierno y primavera, en los siete puntos de muestreo. En primavera se observó una mayor homogeneidad en la concentración de oxígeno en los tres niveles de profundidad, a diferencia de invierno, donde la superficie registró valores de oxígeno ligeramente menores.

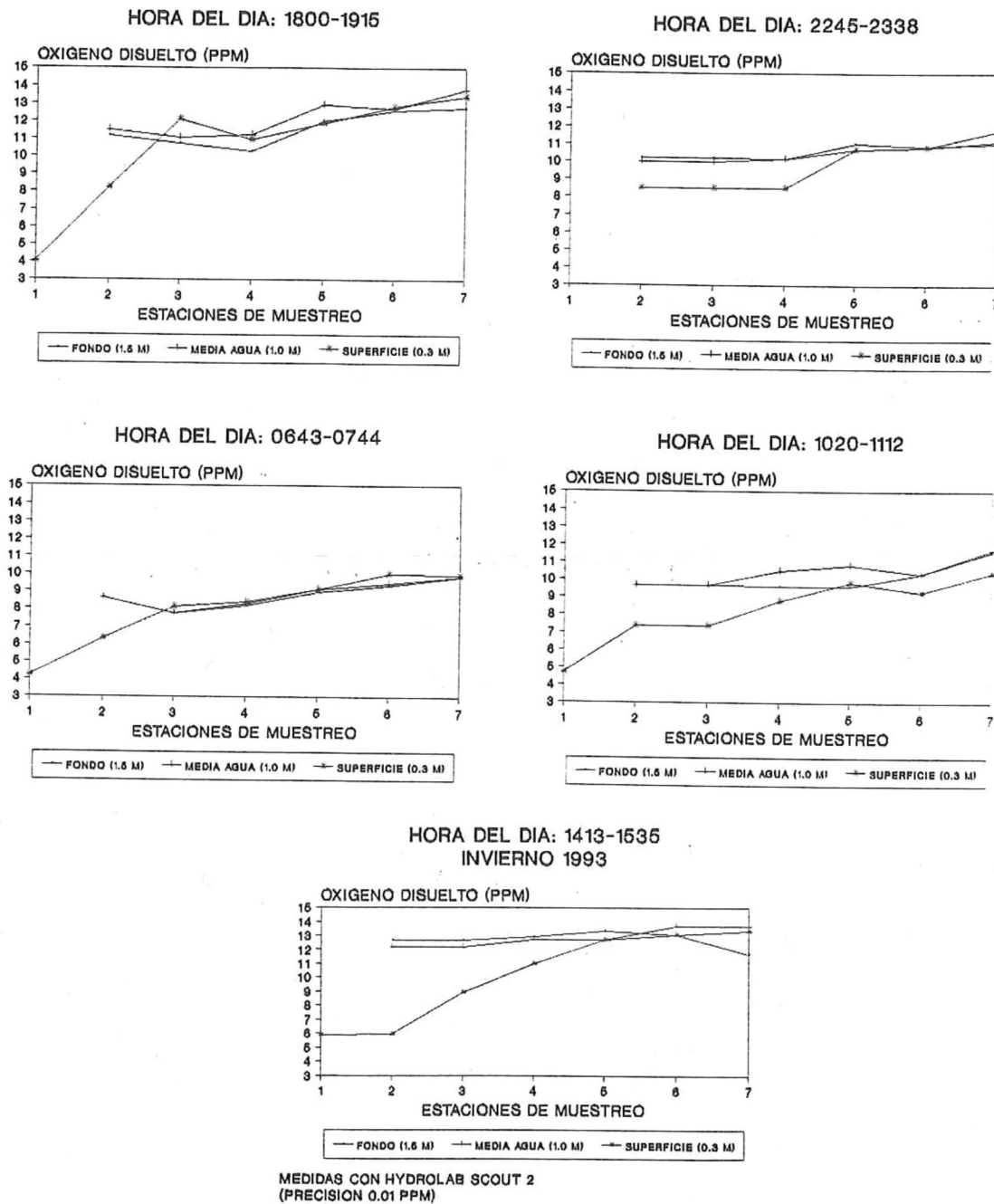


Figura 20. Concentración de oxígeno disuelto durante un ciclo de 24 horas en invierno de 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.

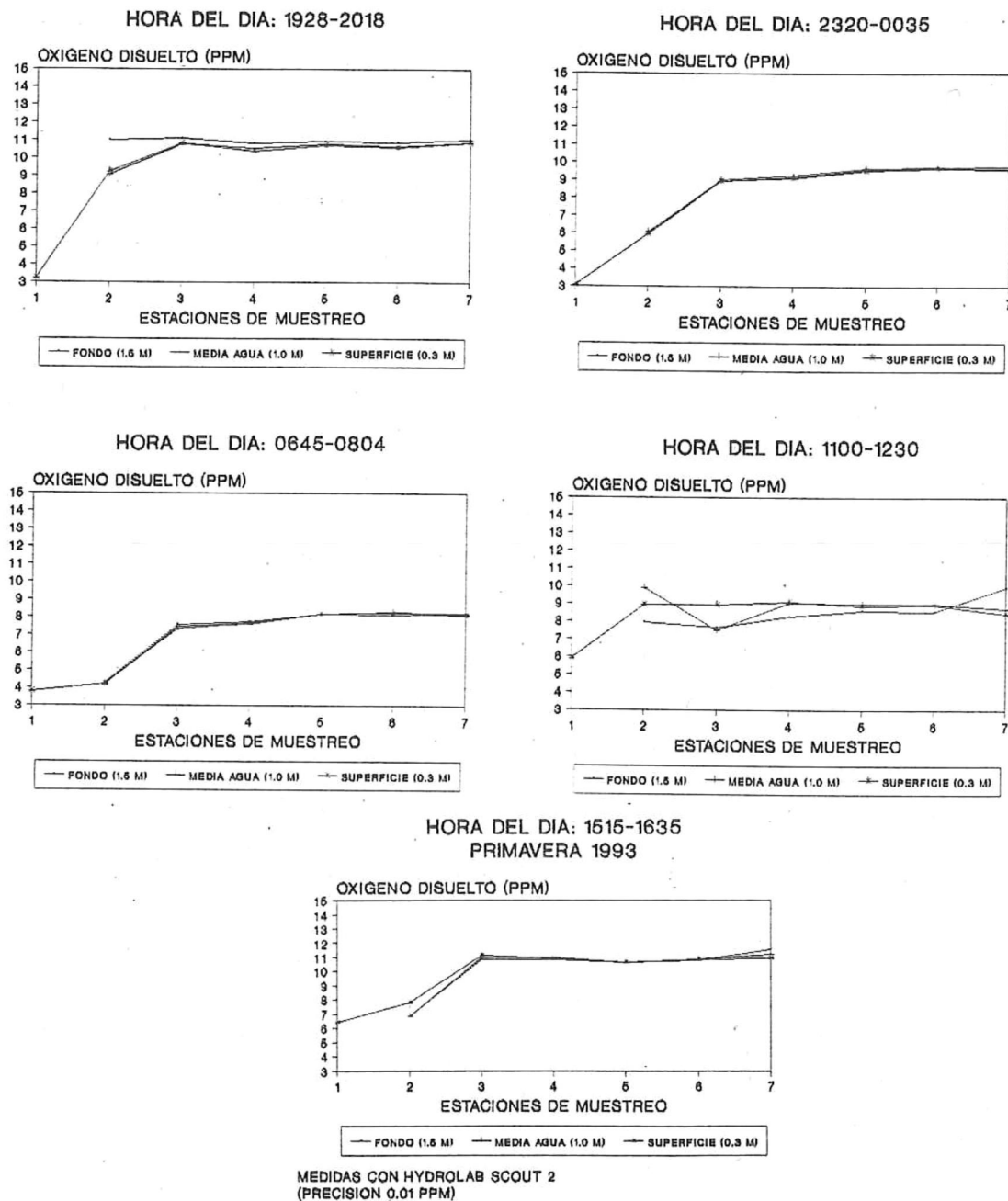


Figura 21. Concentración de oxígeno disuelto durante un ciclo de 24 horas en primavera de 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.

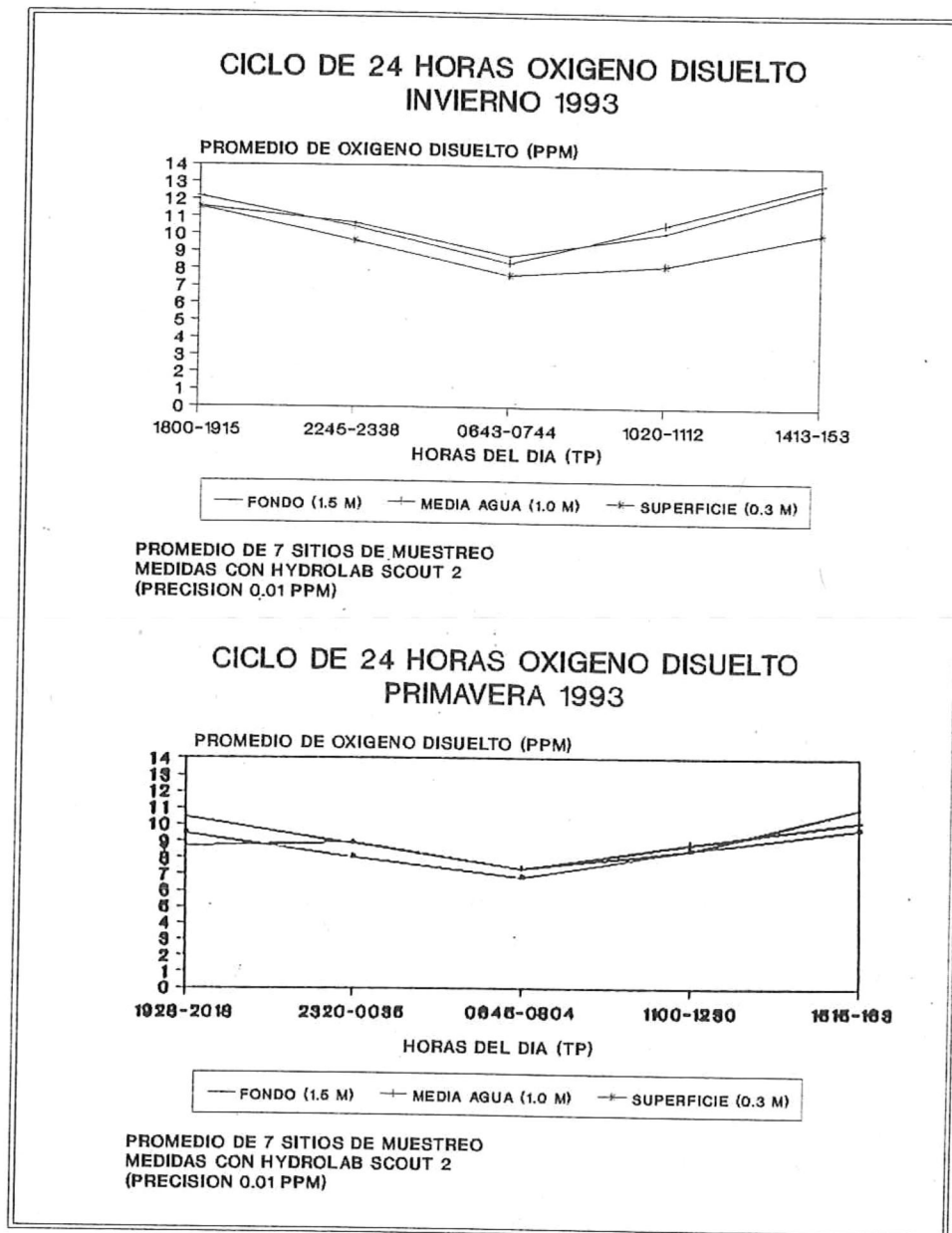


Figura 22. Comparación de ciclos de 24 horas de oxígeno disuelto entre invierno y primavera 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.

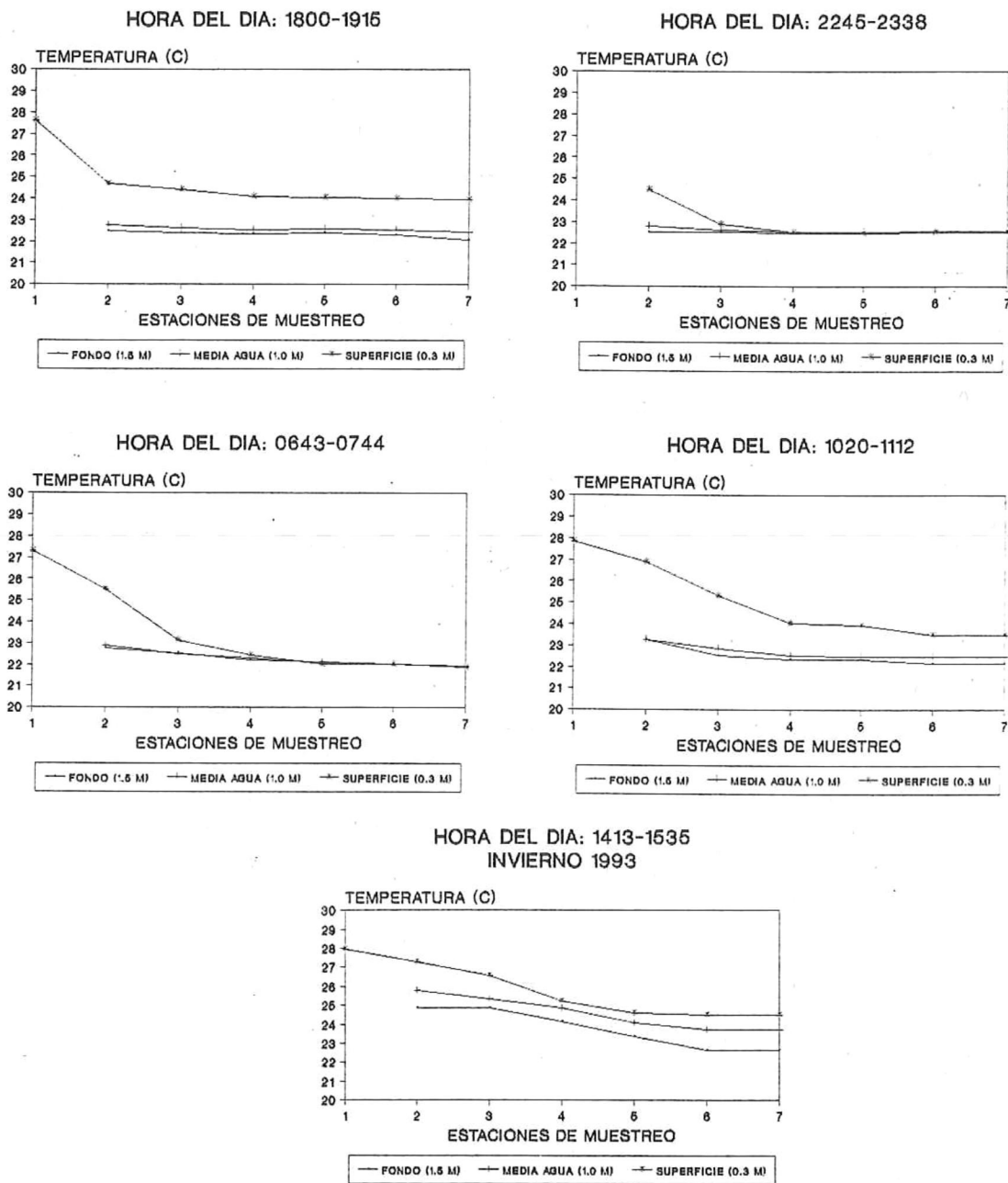
En ambas estaciones del año, la menor concentración se presentó entre las 06:43 y 07:44 horas.

## **6.2. Temperatura del Agua**

La temperatura del agua en invierno a lo largo del oasis durante un ciclo de 24 horas, presentó los valores más altos en el manantial (25 a 28° C), disminuyendo conforme nos alejamos de éste y alcanzar valores de 22° C. La mayor variación de temperatura se presentó en la superficie, siendo más estable a media agua y fondo. Las horas del día en que la temperatura del oasis fue más homogénea con la profundidad fueron entre las 22:45 y 23:38 (Fig. 23).

Durante el ciclo de 24 horas en primavera, la temperatura del agua fue muy homogénea en todo el oasis y a los tres niveles de profundidad (26 a 29° C), observándose los valores más altos en el manantial entre las 19:28-20:18, 11:00-12:13 y 15:15-16:35 horas. En el lapso de 11:00-12:30 horas, hubo una ligera estratificación de los tres niveles de profundidad (Fig. 24).

En la figura 25, se presenta una comparación de la temperatura durante ciclos de 24 horas, entre invierno y primavera (todos los sitios de muestreo combinados). En primavera hubo una mayor homogeneidad en las temperaturas en los tres niveles de profundidad, a diferencia de invierno que presentó más estratificación. En primavera, las horas del día donde se registraron las temperaturas más bajas fueron entre las 06:45-08:04, y las más altas entre las 15:15-16:35. Para invierno, las profundidades de media agua y fondo presentaron temperaturas de 22 a 23° C, incrementándose a 25° C en el lapso de 14:13-15:35 horas. En la superficie se presentó un rango de temperatura de 23 a 26° C.



MEDIDAS CON HYDROLAB SCOUT 2

Figura 23. Comportamiento de la temperatura durante un ciclo de 24 horas en invierno de 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.

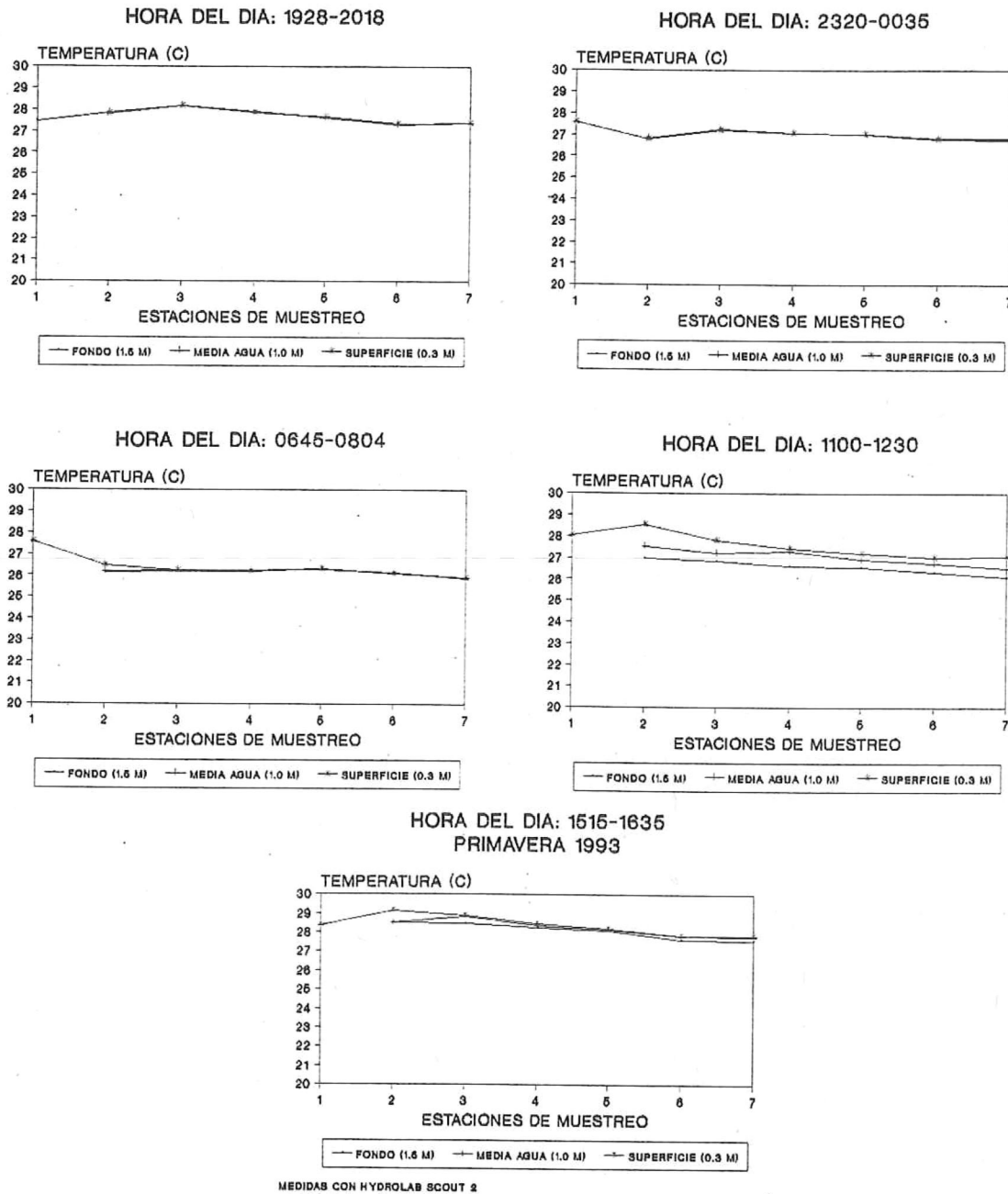


Figura 24. Comportamiento de la temperatura durante un ciclo de 24 horas en primavera de 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.

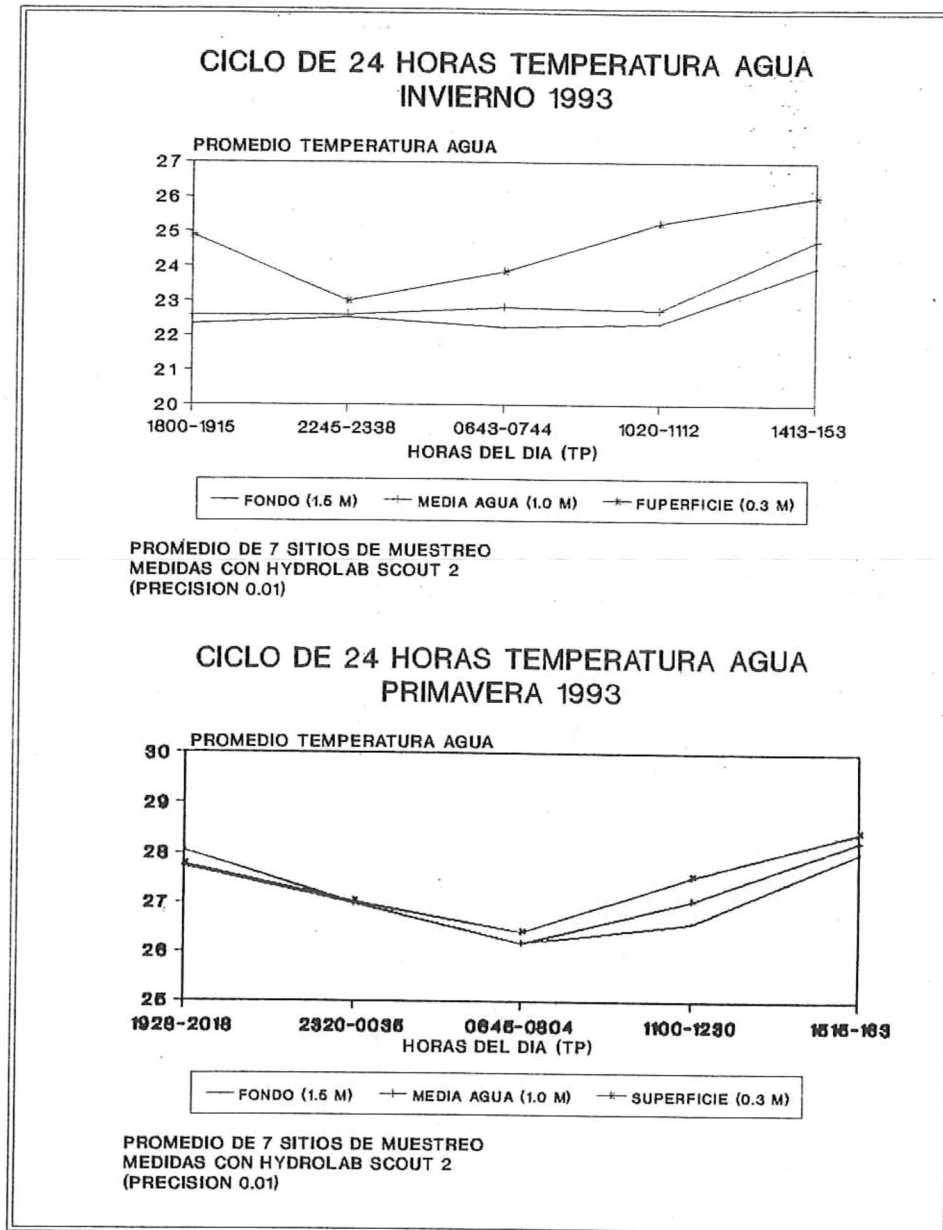


Figura 25. Comparación de ciclos de 24 horas de temperatura del agua entre invierno y primavera de 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.

### 6.3. Potencial de Iones Hidrógeno (pH)

En invierno de 1993 para el ciclo de 24 horas (todos los sitios de muestreo combinados), el pH fue muy similar en los niveles de profundidad de media agua y fondo (8 a 8.2 ); en cambio, la superficie presentó valores ligeramente menores (7.8 a 8). Durante primavera 1993, se presentó una homogeneidad en los valores de pH en los tres niveles de profundidad, con valores de 7.6 a 7.9, teniéndose una ligera estratificación en el horario de 1100 a 1230. En el manantial los valores fueron de 7.3 a 7.4, y en el resto de los puntos de muestreo (zona limnética) fue de 7.4 a 9.3. En la figura 26, se comparan los datos de pH para estas dos estaciones del año.

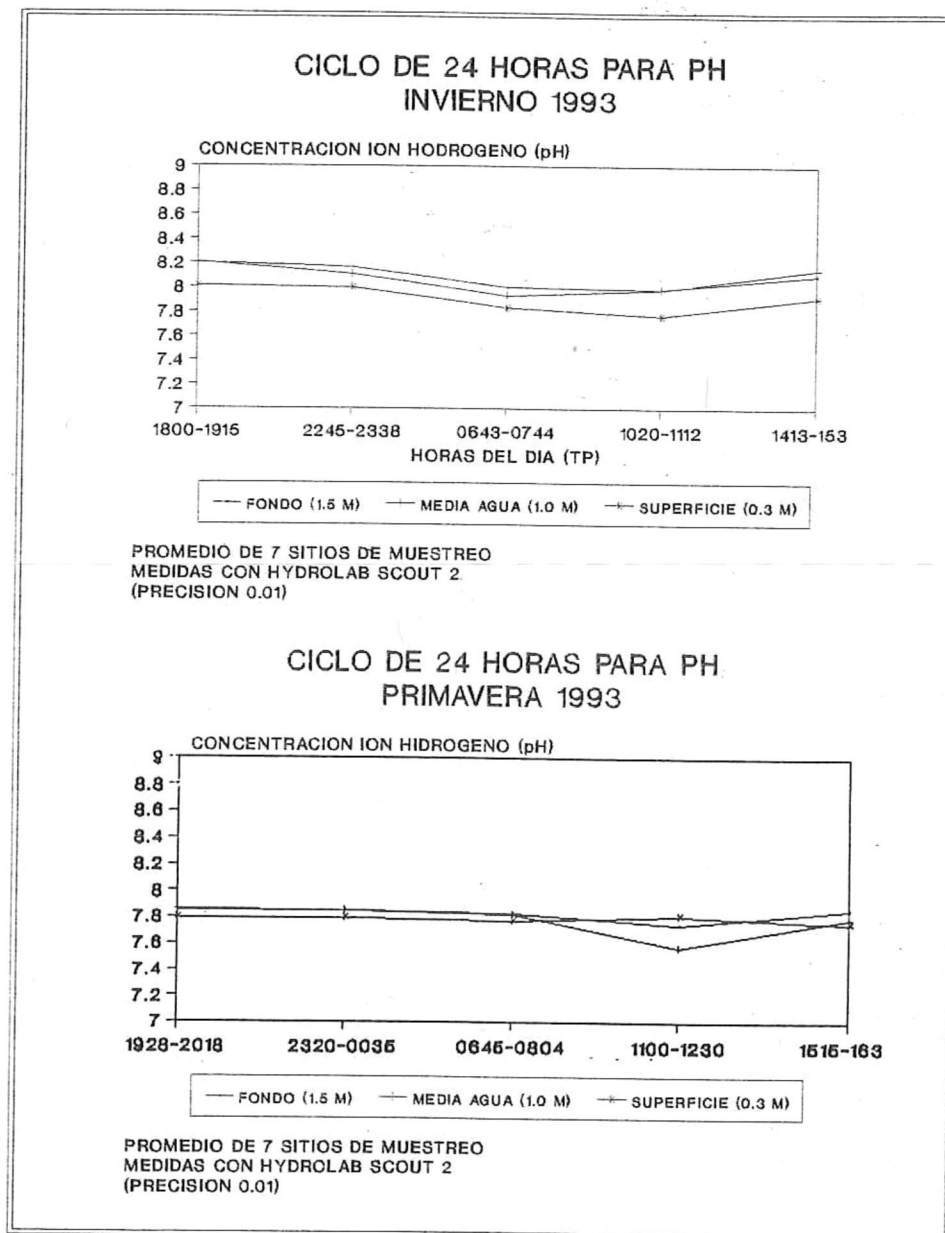


Figura 26. Comparación del potencial de iones hidrógeno (pH) durante ciclos de 24 horas en invierno y primavera de 1993, en el Oasis de San Ignacio, Baja California Sur.

## VII. DISCUSION

### Número de Peces Colectados en Ciclos de 24 Horas

Como resultado de las colectas de peces en ciclos de 24 horas durante verano (1992) y primavera (1993) en el Oasis de San Ignacio, B. C. S., el horario de mayor captura tanto para *Fundulus lima* como para *Xiphophorus helleri*, fue entre 14:00 y 20:00 horas. Los individuos de *F. lima* fueron más abundantes entre las 14:00 y 16:00 horas, así como entre las 04:00 y 06:00 horas. En el lapso de 22:00 y 24:00 horas, *X. helleri* sobresalió ligeramente. Estos horarios de captura difieren un poco de los encontrados por Baker-Dittus (1978) en colectas de *Fundulus* en Maryland (USA), donde la mayor incidencia de captura (con el mismo tipo de trampa) fue observada de 12:00 a 14:59, y de 09:00 a 11:59 horas.

En cuanto a la frecuencia de individuos por clase de talla, se observaron diferentes valores modales en *F. lima* para cada estación del año, a diferencia de *X. helleri* que presentó cierta homogeneidad en su composición por talla, excepto en primavera. Una mayor homogeneidad en el horario de alimentación de una especie y horarios pausados para la otra especie, puede ser una estrategia para utilizar más eficientemente los recursos disponibles en el ambiente (Schoener, 1970, 1974; Ross, 1986).

### Análisis del Contenido Estomacal

En los análisis del contenido estomacal del pez lima (*F. lima*) y el pez cola de espada (*X. helleri*) durante primavera y verano en el Oasis de San Ignacio, se reconocieron un total de 16 artículos alimenticios para *F. lima*, diez de los cuales son compartidos con *X. helleri*. El pez lima posee una dieta diversa, que incluye una

amplia gama de artículos similar a lo observado en otras especies de *Fundulus* (Keast y Webb, 1966; Baker-Dittus, 1978; Rozas y LaSalle, 1990).

Tanto *F. lima* como *X. helleri* presentaron como las presas más importantes en sus dietas, a las algas filamentosas, plantas vasculares y diatomeas. Cabe notar que, *Fundulus lima* incluyó como presas de importancia secundaria a los briozoarios, peces y cladóceros, mientras que en *Xiphophorus helleri* fueron los briozoarios (estatoblastos). En particular, la dieta de *F. lima* incluyó un total de 16 artículos, ocho de los cuales son similares a los consumidos por *Fundulus grandis* en el Río Mississippi (Rozas y LaSalle, 1990); sin embargo, el material de origen vegetal es medianamente consumido por *F. grandis*, a diferencia de *F. lima* donde conforma casi el 60 % de su dieta. También ambas especies consumen peces y ostrácodos. En cuanto a la presencia significativa de granos de arena en el contenido estomacal de *F. lima* y *X. helleri*, ésto es indicativo de una fuerte tendencia en el uso de artículos alimenticios bentónicos, lo cual es concordante con lo expuesto por Keast y Webb (1966) para *F. diaphanus*. La dieta de *F. lima* difiere de la de su congénere *F. diaphanus* (Keast y Webb, 1966) porque presenta un menor consumo de ostrácodos, cladóceros, copépodos y anfípodos. Asimismo, *F. diaphanus* ocupa una mayor diversidad de habitats y rangos de salinidades, tales como playas, pozas de marismas e intermareales y estuarios, a diferencia del biotopo ocupado por *F. lima*, que es totalmente dulceacuícola.

### **Composición Trófica Estacional**

Diferencias estacionales en la composición de la dieta en ambas especies ícticas fueron observadas durante primavera y verano, detectándose cambios en el número de artículos consumidos. *X. helleri* utilizó ocho diferentes artículos, tanto en primavera como en verano, siendo los más frecuentes: algas filamentosas,

plantas vasculares, diatomeas y estatoblastos. Por su parte, *F. lima* utilizó durante primavera 14 artículos, de los cuales siete son compartidos con *X. helleri*; en verano utilizó 12 artículos, de los cuales ocho son también compartidos. Los artículos más frecuentemente utilizados por *F. lima* en ambas estaciones fueron: algas filamentosas, plantas vasculares, diatomeas y ostrácodos, observándose que a pesar de predominar en su dieta tres artículos, este pez presenta un espectro trófico más amplio. El mayor predominio de material vegetal en la dieta de esta especie contrasta con la dieta observada en *F. grandis* (Rozas y LaSalle, 1990), así como en la dieta de otros congéneres como *Fundulus majalis*, *F. heteroclitus*, y *F. diaphanus*, los cuales consumen estos artículos en menor proporción (Baker-Dittus, 1978).

Respecto a la contribución de los artículos alimenticios, *F. lima* exhibió durante primavera las algas filamentosas como los más representativos a nivel de volumen y frecuencia ocurrencia; otros rubros como las plantas vasculares, diatomeas y ostrácodos lo fueron a nivel de frecuencia ocurrencia. Durante el verano, las algas filamentosas, diatomeas y peces, fueron los más importantes a nivel de volumen; en cambio, las plantas vasculares y ostrácodos lo fueron a nivel de frecuencia ocurrencia. Para el caso de ostrácodos y peces, los resultados son concordantes con los encontrados por Rozas y LaSalle (1990) para *F. grandis*.

En *X. helleri*, los artículos más importantes durante primavera a nivel de frecuencia de ocurrencia, fueron las algas filamentosas, plantas vasculares, diatomeas y ostrácodos. Durante verano, las plantas vasculares y algas filamentosas fueron los más importantes en volumen, mientras que las diatomeas y estatoblastos, lo fueron en frecuencia de ocurrencia. En general para ambas especies, la mayoría de sus artículos presentaron valores altos de la frecuencia de ocurrencia en comparación con los de volumen.

### Composición Trófica por Clase de Talla

En el análisis de la dieta por clase de talla se observaron diferencias en cuanto al número de artículos preferidos y compartidos. La especie, *Xiphophorus helleri* presentó una dieta muy homogénea entre sus tres clases de talla, a diferencia de la dieta de *Fundulus lima*, la cual es cambiante ya que utiliza un mayor número de artículos conforme se incrementa su talla. La ocurrencia de material íctico en el contenido estomacal de *F. lima* fue notado en ejemplares adultos. Esto último es similar a lo encontrado en *Fundulus grandis* por Rozas y LaSalle (1990), principalmente para el consumo de peces. Así también, conforme aumenta la talla, el número de artículos compartidos disminuye, siendo esto acorde con lo expuesto por Hutchinson (1957) en cuanto a los recursos que puede tener una especie para hacer más efectivo el uso de los recursos disponibles, y evitar así la competencia por recursos básicos en densidad limitada (Schoener, 1970; 1974).

### Traslape de Nicho Trófico

La similitud trófica entre *Fundulus lima* y *Xiphophorus helleri* fue altamente significativa ( $\geq 60\%$ ; Zaret y Rand, 1971) en términos de frecuencia de ocurrencia y de volumen aparente, tanto en primavera como en verano. Otros estudios también han demostrado traslape de dietas entre especies de *Fundulus* (Baker-Dittus, 1978), el cual se incrementa en función de la disponibilidad de alimento. En el presente trabajo, las dos especies ícticas interactuantes, presentan diferencias en abundancia estacional, similar con lo observado por Zaret y Rand (1971) en la fauna íctica de un río tropical.

En alusión a la interacción trófica de *F. lima* y *X. helleri*, es importante considerar la alta significancia de su traslape alimenticio, lo cual es una señal o evidencia de que *F. lima* (la nativa) potencialmente pudiera ser desplazada y

eliminada por competencia, si especies exóticas ecológicamente más agresivas fueran introducidas al oasis (Courtenay, 1979; Shafland, 1979; Contreras-Balderas y Escalante-Cavazos, 1984; Moyle et al., 1986; Minckley et al. 1986; Abarca-González, 1989; Minckley y Deacon, 1991; Douglas et al., 1994).

### **Similitud Trófica Entre Clase de Talla para *Fundulus lima***

La dieta de *Fundulus lima* durante primavera y verano presentó valores significativamente altos ( $\geq 60\%$ ) entre las tres clases de talla analizadas, encontrándose los valores más altos entre las clases de talla más cercanas ( $\leq 35.5$  y  $35.6-45.5$  mm LP), y los valores más bajos entre las tallas más extremas ( $\leq 35.5$  y  $\geq 45.6$  mm LP). Estos resultados sugieren una ligera variación en la dieta con la talla, como lo sugerido por Deacon y Greger (1987).

### **Características Morfológicas**

Las características morfológicas de la boca, arco branquial y tracto digestivo de *Fundulus lima* y *Xiphophorus helleri*, fueron relacionadas con el tipo, forma y habitat del recurso presa preferido.

De acuerdo a la posición de la boca en condición normal, encontramos que ambas especies tienen la boca dorso terminal, que les permite y facilita la captura de presas dispuestas en la superficie del agua, siendo esto concordante con lo expuesto por Hubbs y Lagler (1958) y Keast y Webb (1966) para peces ciprinodóntidos. Así también las dos especies presentan bocas protusibles, que les confieren una posición terminal y les facilitan alimentarse tanto en superficie, media agua y fondo. Todo lo anterior, explica la presencia en su dieta de presas representativas de esos tres niveles de habitat. A este respecto la significativa presencia de granos de arena y material vegetal en el contenido estomacal de los

peces examinados es indicativo de una fuerte actividad en busca de presas bentónicas.

En cuanto a la estructura y número de dientes presentes en cada tipo de boca, para el caso de *F. lima*, la presencia de dos filas de dientes cortos y cónicos, es similar a la presentada para *F. diaphanus* por Keast y Webb (1966), permitiendo ésto al pez ser versátil en su alimentación (tipo generalista) y que facilitan la captura de ostrácodos. Para el caso de *X. helleri*, presenta una sola fila de dientes curvados, ligeramente alargados y puntiagudos que indican hábitos raspadores de perifiton. En adición, la característica de una boca protusible para ambas especies, les confiere una alimentación de tipo omnívora bentónica (Lagler et al., 1977; Ruiz-Campos, 1991).

En cuanto a las branquiespinas, su morfología en *F. lima* se aproxima a la de un pez carnívoro, siendo cortas y fuertes. En *X. helleri* sus branquiespinas son ligeramente más alargadas y laminares, y se asemejan al prototipo de un pez herbívoro. Para el caso del tracto digestivo en *F. lima*, éste es corto y en forma de "Z", típico de un carnívoro; y para *X. helleri*, el tracto es delgado y muy arrollado, que es indicativo de una especie herbívora (Lagler et al., 1977; Nikolski, 1978).

## VIII. CONCLUSIONES

1. La dieta de *Fundulus lima* estuvo representada de 16 diferentes artículos alimenticios, en cambio la de *Xiphophorus helleri*, por diez artículos.
2. Los artículos compartidos por ambas especies fueron: algas filamentosas, restos de plantas vasculares, diatomeas, y granos de arena.
3. Presas de origen íctico fueron solamente encontradas en *F. lima*, principalmente en ejemplares adultos.
4. El traslape trófico entre ambas especies ícticas (todas las tallas combinadas) fue significativo ( $> 0.60$  ó  $> 60.0\%$ ) tanto para primavera como para verano.
5. A pesar de ser relativamente similar su morfología externa, ambas especies presentan diferencias importantes en su tracto digestivo, dentición y branquiespinas.
6. El estatus del pez nativo *F. lima* en el Oasis de San Ignacio, B.C.S., es considerado de amenazado debido al alto traslape alimenticio que mantiene con la especie exótica *X. helleri*, aunado con posibles alteraciones en la calidad de su habitat.

## IX RECOMENDACIONES DE MANEJO Y CONSERVACION

La situación ecológica actual del pez lima (*Fundulus lima*) en el Oasis de San Ignacio, B.C.S., México, puede considerarse como crítico, como consecuencia del alto traslape alimenticio detectado entre esta especie (única endémica para la península de Baja California) y la exótica *Xiphophorus helleri*. Así también debido a la fragilidad del ecosistema en el que habita, como lo es el Oasis de San Ignacio, el cual puede ser impactado fácilmente por actividad antropogénica, por lo que es importante realizar un plan de conservación para el manejo de este ecosistema y otros cercanos donde existen poblaciones de este pez endémico

Las recomendaciones para su conservación y manejo son: (1) Que el Oasis de San Ignacio sea propuesto como un área de resguardo y conservación de germoplasma de esta especie endémica. (2) Prohibir e impedir la introducción de más especies exóticas en este ecosistema acuático, lo cual pondría aun más en peligro la existencia de *F. lima*. (3) Desarrollar un programa de monitoreo que permita realizar un seguimiento de la interacción de la especie endémica con las introducidas. (4) Realizar investigaciones que permitan tener un conocimiento más completo sobre la biología de esta especie. (5) Desarrollo de investigaciones para reproducir en cautiverio a *F. lima*. (6) Realizar trabajos de difusión en los poblados cercanos a los oasis donde se distribuye *F. lima*, con la finalidad de informar a la gente la existencia de esta especie íctica endémica y la importancia de coadyuvar a su conservación.

## X. LITERATURA CITADA

- Abarca-González, F.J. 1989. Potential overlap on food habits between spikedace (*Meda fulgida*) and red shiner (*Cyprinella lutrensis*). Thesis Master of Sciences. Arizona State University. 66 p.
- Axelrod, D.I. 1979. Age and origin of the Sonoran Desert vegetation. Occ. Pap. California Acad. Sci., 132:1-74.
- Bagenal, T.B. 1978. Methods for assessments of fish production in freshwater. I.B.P. Handbook No. 3, Blackwell Scientific Publication, Oxford. 365 p.
- Baker-Dittus, A.M. 1978. Foraging patterns of three sympatric killifish. *Copeia*, (3):383-389.
- Brower, J.E., y J.H. Zar. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa
- Calow, P., y C.R. Townsend. 1981. Ecology, energetics and evolution. Págs. 3-19 En: *Physiological Ecology: an evolutionary approach to resource use*. (Townsend, C.R. y P. Calow, eds.) Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Castro-Aguirre, J.L. 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México. Dirección General del Instituto Nacional de Pesca, México, Serie Científica No. 19.
- Contreras-Balderas, S., y M.A. Escalante-Cavazos. 1984. Distribución and known impacts of exotic fishes in México. Págs. 102-130. En: *Distribution, biology, and management of exotic fishes* (W. R. Courtenay, J. and J. R. Stauffer, Jr., eds.). The Johns Hopkins University Press.
- Contreras-Balderas, S. 1987. New records and notes of exotic fishes in northeastern, México. *Proc. Desert Fishes Council*, 16:46-49.
- Courtenay, R.W., Jr. 1979. Biological impacts of introduced species and

- management policy in Florida. En: Exotic species in mariculture. (Mann, R., ed.). The Mit Press. Cambridge. 363 p.
- Deacon, J.E., y P. Greger. 1987. Distribución de alimentación entre los peces del Río Virgen en Nevada. Proc. Desert Fishes Council, 16:43-44.
- Dill. W.A. 1944. The fishery of the lower Colorado River. California Fish and Game, 30:109-211.
- Douglas, M.E., P.C. Marsh, y W.L. Minckley. 1994. Indigenous fishes of Western North America and the hypothesis of competitive displacement: *Meda fulgida* (Cyprinidae) as a case study. Copeia, (1):9-19.
- Evermann, B.W. 1908. Descriptions of a new species of trout (*Salmo nelsoni*) and a new cyprinodont (*Fundulus meeki*) with notes of other fishes from lower California. Proc. Biol. Soc. Washington, 21:19-30.
- Follett, W.I. 1960. The freshwater fishes - their origins and affinities. En: Symposium on the biogeography of Baja California and adjacent seas. Syst. Zool., 9(3-4):212-294.
- Glova, G.T., y P.M. Sagar. 1991. Dietary an apatial overlap stream populations of a native and two introduced fish species in New Zealand. Aust. J. Mar. Fresh Water Res., 42:423-433.
- Grismer, L.L., y J.A. McGuire. 1993. The oases of central Baja California, México. Part I. A preliminary account of the relict mesophilic herpetofauna and the status of the oases. Bull. So. Cal. Acad. Sci., 92:2-24.
- Grismer, L. Lee; J.A. McGuire, y B.D. Hollingsworth. 1994. A report on the herpetofauna of the Vizcaino Peninsula, Baja California, México, with a discussion of its biogeographic and taxonomic implications. Bull. So. Cal. Acad. Sci., 93(2):45-80.
- Hess, A.D., y A. Schwartz. 1941. The forage ration and its use in determining the

- four grade of streams. Trans. Fijih North American, Wildlife. p 162-164.
- Hubbs, C.L. 1954. Establishment of a forage fish, the rea shiner (*Notropis lutrensis*) in the lower Colorado River system. California Fish and Game, 40(3):287-294.
- Hubbs, C.L., y K.F. Lagler. 1958. Fishes of the Great Lakes region. Cranbrook Inst. Sci. Bull., No. 26, 213 p.
- Hutchinson, G.E. 1957. Concludin remarks. Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol., 22:415-427.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. J. Fish Biol., 17:411-429.
- Jordan, F. 1976. El otro México. Biografía de Baja California. Gobierno del Estado de Baja California Sur. 269 p.
- Keast, A., y D. Webb. 1966. Mouth and body form relative to feeding ecology in the fish fauna of a small lake, Lake Opinicon, Ontario. J. Fish. Bd. Can., 25:1845-1874.
- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller, y D.R.M. Passino. 1977. Ichthyology. John Wiley and sons, New York. 499 p.
- Lagler, K.F. 1978. Freshwater fishery biology. W. M. C. Brown Co. Dubuque, Iowa, 421 p.
- Miller, R.R. 1943. Further data on freshwater populations of the Pacific Killifish, *Fundulus parvipinnis*. Copeia, (1):51-52.
- Miller, R.R. 1968. Records of some native freshwater fishes transplanted into varius waters of California, Baja California, and Nevada. Calif. Fish and Game, 54(3):170-179.
- Miller, R.R., J.D. Williams, y J.E. Williams. 1989. Extinctions of North American fishes during the past century. Fisheries (American Fisheries Society), 14(6):

22-38.

- Minckley, W.L., D.A. Hendrickson, y C.A. Bond. 1986. Geography of western North American freshwater fishes: description and relationships to intracontinental tectonism. Págs. 519-613. En: Zoogeography of North American freshwater fishes, (C. H. Hocutt and E. O. Wiley, eds.). John Wiley and Sons, New York.
- Minckley, W.L., y J.E. Deacon (eds.). 1991. Battle Against Extinction: Native Fish Management in the American West. University of Arizona Press, Tucson. 505 p.
- Moran, R. 1977. Palms in Baja California. Environment Southwest, 478:10-14.
- Moyle, P.B., H.W. Li, y B.A. Barton. 1986. The Frankenstein effect: impact of introduced fishes on native fishes in North America. Pags. 415-426. En: Fish culture in fisheries management, (R.H. Stroud, ed.). American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Myers, G.S. 1927. On the identity of the killifish *Fundulus meeki* Evermann with *Fundulus lima* Vaillant. Copeia, (160):178.
- Myers, G.S. 1930. The killifish of San Ignacio and the stickleback of San Ramon, lower California. Proc. California Acad. Sci. Ser. 4, 19(9): 95-104.
- Nelson, E.W. 1921. Lower California and its natural resources. Memoirs of the National Academy of Sciences, 16:1-194.
- Nikolski, G.V. 1978. The ecology of fishes. T. F. H. Publication, Neptune City, New Jersey. 352 p.
- Pennak, R.W. 1978. Fresh water invertebrates of the United States. Second edition, John Wiley and Sons, N. Y., 803 p.

- Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity. John Wiley and Sons, New York.  
162 p.
- Reynoso-Mendoza, F. 1994. A new population of *Fundulus lima* Vaillant 1894 (Cyprinodontidae) in Baja California peninsula, México. Twenty sixth Annual Symposium of the Desert Fishes Council, Death Valley, California, November 1994.
- Rinne, J.N., y W.L. Minckley. 1991. Native fishes of arid land: a dwindling resource of the desert southwest. Gen Tech. Rep. RM-206. Ft. Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 45 p.
- Romero, H.M. 1983. Geografía turística de la República Mexicana. Porrúa, México 207 p.
- Ross, S.T. 1986. Resource partitioning in fish assemblages: a review of field studies. *Copeia*, (2):352-388.
- Rozas, L.P., y M.W. La Salle. 1990. A comparison of the diets of Gulf killifish, *Fundulus grandis* Baird and Girard, entering and leaving a Mississippi brackish marsh. *Estuaries*, 13(3):332-336.
- Ruiz-Campos, G., y S. Contreras-Balderas. 1987. Ecological and zoogeographical check-list of the continental fishes of the Baja California Peninsula, México. *Proceedings of the Desert Fishes Council*, 17:105-117.
- Ruiz-Campos, G., y M. Gregory-Hammann. 1991. Feeding of the woolly sculpin, *Clinocottus analis* (Pisces: Cottidae), in Todos Santos Bay, Baja California, México. *The Southwestern Naturalist*, 36(3):348-353.
- Ruiz-Campos, G. 1991. Estrategias alimenticias en peces. *Travesía, U.A.B.C.* (México), (26):16-25.
- Ruiz-Campos, G., y P. Cota-Serrano. 1992. Ecología alimenticia de la trucha

- arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. *The Southwestern Naturalist*, 37(2):166-177.
- Ruiz-Campos, G., y J. Alaníz-García. 1993. Limnological characterization of the San Ignacio Oasis, Baja California Sur, México, as a habitat of the endemic killifish, *Fundulus lima* (Vaillant). Twenty fifth Annual Symposium of the Desert Fishes Council, Monterrey, México, November 1993.
- Ruiz-Campos, G., y A. Gerardo-Avenidaño. Manuscrito. Notes on the spring birds of San Ignacio Oasis, Baja California Sur, México.
- SEDUE, 1989. Información básica sobre las áreas naturales protegidas de México. Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Conservación Ecológica de los Recursos Naturales. 82 p.
- SEDESOL, 1993. Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOMPA-CRN-001/93, que determina las especies de flora y fauna silvestre terrestres y acuáticas, raras, endémicas, amenazadas, en peligro de extinción y las sujetas a protección especial. Diario Oficial. Agosto 1993. 12-32 p.
- Shafland, L.P. 1979. Non-native fish introductions with special reference to Florida. *Fisheries* (Bethesda), 4(3):18:24.
- Shreve, F., y I.L. Wiggins. 1964. *Vegetation and flora of the Sonora Desert*. Stanford Univ. Press. Stanford California. 840 p.
- Schoener, T.W. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology*, 51:408-418.
- 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science*, 185:27-39
- Siegel, S. 1956. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. McGraw-Hill, New York. 312 p.

- Snyder, J.O. 1926. The trout of the Sierra San Pedro Martir, lower California. University of California Publications in Zoology, 21:419-426.
- Sokal, R.R., y F.J. Rohlf. 1981. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. Second ed., W. H. Freeman and Company, New York. 340 p.
- Townsend, C.R., y I.J. Winfield. 1987. The application of optimal foraging theory to feeding behaviour in fish. Págs. 67-98. En: Fish Energetics: new perspectives (P. Tytler y P. Calow, eds.). The Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, Maryland.
- Usinger, 1963. Aquatic insects of California species. University of California, Berkeley. 508 p.
- Vaillant, L. 1894. Sur une collection de poissons recueillie en Basse-Californie et dans le Gofe par M. León Diguët. Bull. Soc. Philomat. Paris, (3), 6, 69-75.
- Wallace, R.K. 1981. An assessment of diet-overlap indexes. Trans. Amer. Fish. Soc., 110:72-76.
- Werner, E.E. 1977. Species packing and niche complementarity in three sunfishes. Amer. Natur., 111:553-578.
- Werner, E.E., D.J. Hall, D.R. Laughlin, D.J. Wagner, L.A. Wilsmann, y F.C. Funk. 1977. Habitat partitioning in a freshwater fish community. J. Fish. Res. Bd. Can. 34:360-370.
- Wiggins, I.L. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press, Stanford (California), 1025 p.
- Williams, J.E., J.E. Johnson, D.A. Hendrickson, S. Contreras-Balderas, J.D. Williams, M. Navarro-Mendoza, D.E. McAllister, y J.E. Deacon. 1989. Fishes of North America endangered, threatened, or of special concern: Fisheries, (Bethesda), 14(6):1-20.

Zaret, T.M., y A.S. Rand. 1971. Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. *Ecology*, 52:336-342.

Apéndice 1. Lista de abreviaturas de los taxa presa referidos en las figuras del texto.

TAXA	ABREVIATURA
Algas filamentosas	ALG
Plantas vasculares	P.V.
Granos de arena	ARE
Diatomeas	DIA
Ostrácodos	OST
Estatoblastos	STA
Cladóceros	CLA
Copépodos	COP
Peces (restos oseos)	R.O.
Escamas	ESC
Dípteros	DIP
Hidracarina	HYD
Anfípodos	ANP
Nemátodos	NEM
Briozoarios	BRI
Hemípteros	HEM
Misceláneos	VAR