

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



BIONOMIA Y ECOLOGIA POBLACIONAL DE LA TRUCHA ARCOIRIS,  
*Oncorhynchus mykiss nelsoni* (EVERMANN), DE LA SIERRA SAN PEDRO  
MARTIR, BAJA CALIFORNIA, MEXICO

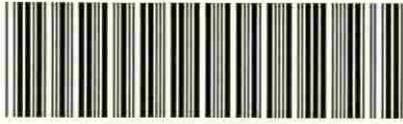
T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

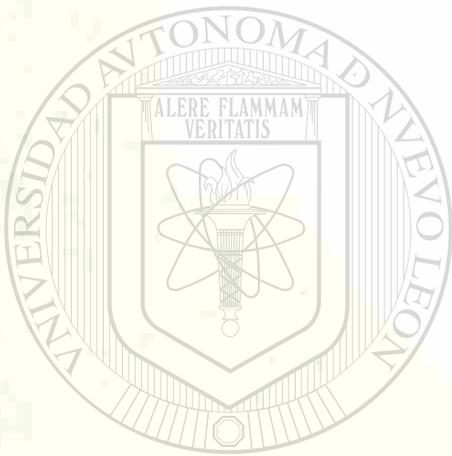
DOCTOR EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD  
EN  
ECOLOGIA ACUATICA Y PESCA  
POR

GORGONIO RUIZ CAMPOS

TD 3  
Z5320  
FCB  
1993  
R8



1020066523



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



BIONOMIA Y ECOLOGIA POBLACIONAL DE LA TRUCHA ARCOIRIS,  
*Oncorhynchus mykiss nelsoni* (EVERMANN), DE LA SIERRA SAN PEDRO  
MARTIR, BAJA CALIFORNIA MEXICO

T E S I S

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DOCTOR EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD  
EN  
ECOLOGIA ACUATICA Y PESCA  
POR

GORGONIO RUIZ CAMPOS

TD  
25320  
FCB  
1993  
R8



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO TESIS

32614

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

BIONOMIA Y ECOLOGIA POBLACIONAL DE LA TRUCHA ARCOIRIS,  
*Oncorhynchus mykiss nelsoni* (EVERMANN), DE LA SIERRA SAN PEDRO  
MARTIR, BAJA CALIFORNIA, MEXICO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD

EN

ECOLOGIA ACUATICA Y PESCA

GORGONIO RUIZ CAMPOS

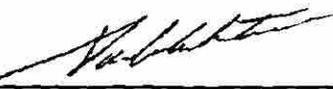
APROBADA:  
COMISION DE TESIS,



DR. GUILLERMO A. COMPEAN JIMENEZ  
DIRECTOR



M.SC. EDWIN P. PISTER  
ASESOR EXTERNO



DR. SALVADOR CONTRERAS BALDERAS



DRA. LUCIA E. CRUZ SUAREZ



DR. ROBERTO MENDOZA ALFARO

MONTERREY, NUEVO LEON, MEXICO

OCTUBRE DE 1993

## RESUMEN

Las características bioecológicas, poblacionales y de habitat de la trucha arcoiris costera, *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann), una subespecie endémica de la pendiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, fueron estudiadas durante un período de seis años (enero de 1987 a marzo de 1993). Esta subespecie se distribuye en los dos sistemas hidrológicos principales: Santo Domingo (arroyos La Grulla, San Antonio de Murillos, El Potrero, y la Zanja) y San Rafael (Arroyo San Rafael), a través de un rango altitudinal de 500 a 2,030 msnm. Esta trucha se caracteriza por ser una forma de talla pequeña (<220 mm longitud patrón) y de lento crecimiento, de poca longevidad ( $\leq 4$  años) y fecundidad (15.34 ovos/cm LP); cuya primera madurez sexual es alcanzada a una talla y edad de 103-112 mm LP y 1 año, respectivamente. La fecundidad demostró una relación directa con la talla, peso, y edad de la trucha. El crecimiento es de tipo alométrico tanto para la población del Arroyo San Rafael ( $W = 0.00004477 * LP^{2.810}$ ) como para la población del Arroyo La Grulla ( $W = 0.00003314 * LP^{2.860}$ ). El factor de condición relativo ( $K_n$ ) fue similar entre sexos y clases de edad de la trucha, y demostró una relación inversa con el índice gonadosomático relativo ( $G_r$ ). La dieta es básicamente insectívora, dominada en un 90% por cuatro tipos de presas (Simuliidae, Sericostomatidae, Hydropsychidae, e Hydroptilidae), y exhibe una estrategia de alimentación especialista en el tipo y tamaño de presa consumida. La dieta difiere con la talla

(longitud patrón) de la trucha, principalmente entre los individuos <56 mm y aquellos >125 mm; asimismo, es cambiante con la estación del año, siendo más evidente entre invierno y primavera. La época de desove ocurre en invierno (enero a marzo), siendo de mayor intensidad en febrero; el período de reclutamiento de juveniles al stock ocurre en primavera (mayo a junio). El ámbito casero promedio de la trucha es 14.6 m, exhibiendo los individuos una marcada tendencia por permanecer en sitios específicos del arroyo (pozas de sustrato arenoso); asimismo, el ámbito casero registró una correlación significativa con la profundidad y descarga del arroyo, como también con la densidad de presas a la deriva. La densidad promedio de truchas en el Arroyo San Rafael, declinó fuertemente de 0.047 individuos/m<sup>2</sup> antes del incendio forestal de agosto de 1989 a 0.005 individuos/m<sup>2</sup> después del evento.

---

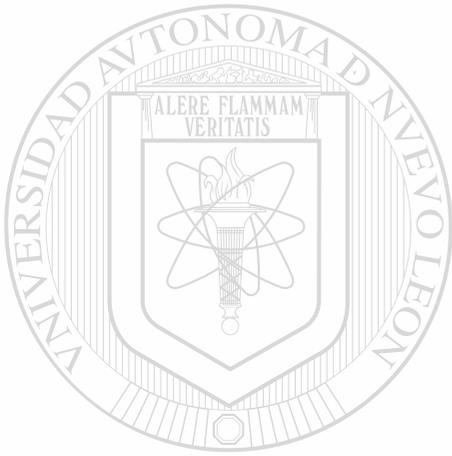
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

ABSTRACT

The biological, population and habitat characteristics of the coastal rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann), an endemic subspecies from west slope of Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, were studied during a period of six years (from January 1987 to March 1993). This trout is located within two main drainage systems: Santo Domingo (arroyos La Grulla, San Antonio de Murillos, El Potrero, and La Zanja) and San Rafael (Arroyo San Rafael), through an altitude

range of from 500 to 2,030 m. This endemic subspecies is characterized by small size (<220 mm SL), slow somatic growth, short life span ( $\leq 4$  years), low fecundity (15.34 ovocytes/cm SL), and precocious sexual maturity (103-112 mm SL and one year old). The fecundity shows a direct relationship with the length, weight and age of the trout. The length-weight relationship of the San Rafael population is  $W = 0.00004477 * SL^{2.810}$ , and for La Grulla population is  $W = 0.00003314 * SL^{2.860}$ , both populations showing a growth of allometric type. The relative condition factor ( $K_n$ ) was similar between sexes as well as among age classes, and the  $K_n$  exhibited an inverse relationship with the relative gonadosomatic index ( $G_r$ ). The diet of the trout is basically insectivorous, dominated (90%) by four prey types (Simuliidae, Sericostomatidae, Hydropsychidae, and Hydroptilidae). The trout exhibited a specialist feeding strategy with regard to prey type and size consumed. Significant differences in the diet were noted among size classes, mainly between the smallest (<56 mm standard length) and largest (>125 mm standard length). In addition, changes in the diet occurred year-round and were more evident during winter and spring. The spawning period occurred during winter (January to March), and was most intense in February. The recruitment period of juveniles to the stock occurred during spring (May to June). The average homing range of the trout was observed to be 14.6 m, showing a strong tendency to remain at specific habitat sites of the stream (pools with sand bottoms); in addition, the homing range registered a significant

correlation with the depth and discharge of the stream as well as with the density of drift prey. The trout density in the Arroyo San Rafael, dropped drastically from 0.047 trout/m<sup>2</sup> before a forest fire on August 1989 to 0.005 trout/m<sup>2</sup> after this disturbance.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DEDICATORIA

A MI ESPOSA:

BIOL. PATRICIA COTA SERRANO

CON TODO MI AMOR Y CARIÑO



A MIS HIJOS:

GERMAN Y PATRICIA

CON AMOR

A MIS PADRES:

---

SR. MARIO RUIZ CAVAZOS (+)

SRA. PROFRA. MARIA DE JESUS CAMPOS DE RUIZ

CON MI PROFUNDO CARIÑO, ADMIRACION Y RESPETO

A MIS HERMANOS:

ING. MARIO RUIZ CAMPOS

PROFRA. BELINDA EDITH RUIZ CAMPOS

CON MI CARIÑO FRATERNAL DE SIEMPRE

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones por el apoyo que me brindaron durante el desarrollo de la tesis.

A mi director de tesis Dr. Guillermo A. Compeán Jiménez, por su constante apoyo y supervisión a través de las diferentes etapas de la tesis, y por sus acertados consejos y recomendaciones en todas las versiones del manuscrito.

A mi asesor externo M.Sc. Edwin P. Pister, por su gran apoyo a lo largo de nueve años de continua colaboración sobre el estudio de la trucha de la Sierra San Pedro Mártir, y de quien he recibido una filosofía de dedicación y trabajo. Asimismo, le agradezco sus valiosos comentarios y sugerencias en la revisión del manuscrito.

Al Dr. Salvador Contreras Balderas, quien me inició en el campo de la Ictiología, y de quien he recibido una gran influencia en mi formación académica y profesional.

Asimismo, agradezco a los miembros del comité de tesis: Dr. Guillermo A. Compeán Jiménez, M.Sc. Edwin P. Pister, Dra. Lucía E. Cruz Suárez, Dr. Salvador Contreras Balderas, y Dr. Roberto Mendoza Alfaro, por sus excelentes comentarios y sugerencias para el documento de tesis.

Numerosas personas colaboraron activamente en los muestreos ictiológicos y limnológicos en la Sierra San Pedro Mártir, en las diferentes etapas del presente estudio, y a quienes agradezco

profundamente: Oc. Carlos Yruretagoyena Ugalde, Oc. Javier Gómez Ramírez, Biól. Patricia Cota Serrano, Oc. Guillermo Rubio Alegría, P. Biól. Víctor Román Miranda, Biól. Isabel Montes Pérez, P. Biól. Angélica Bastidas, Biól. Dora L. León García, Biól. Martha E. Valles Ríos, Biól. Olivia M. Tapia Vázquez, Oc. Manuel M. Villalobos Ramírez, P. Biól. Lorenzo Quintana Barrios, P. Biól. Alejandro Gerardo Avendaño, P. Biól. Ramón Pérez Arvizú, Biól. Jorge Alaníz García, Biól. Eduardo E. López Saavedra, P. Biól. Jesús Escamilla Vázquez, P. Biól. Javier Torres Ruíz, Dr. Carlos Márquez Becerra, Biól. Marcelo Rodríguez Meraz, M.C. José de Jesús Castellón Olivares, Biól. José Delgadillo Rodríguez, M.C. Faustino Camarena Rosales, M.Sc. Arcadio Valdés González, Biól. José Carlos Garduño Franco, Biól. Jorge Ramírez Acosta, y Dr. Víctor M. Salceda Sacanelles.

Además agradezco de manera muy especial a Oc. Javier Gómez Ramírez, Biól. Patricia Cota Serrano, Biól. Isabel Montes Pérez, Biól. Dora L. León García, P. Biól. Angélica Bastidas, Biól. Martha E. Valles Ríos, y Oc. Manuel M. Villalobos Ramírez, por su valiosa ayuda en el procesamiento del material ictiológico tanto en el campo como en el laboratorio. De igual forma agradezco a Biól. José Delgadillo Rodríguez, por su ayuda en la identificación de la vegetación ribereña y acuática en los diferentes sitios de muestreo; y a M.C. Rafael Solana Sansores y M.Sc. M. Gregory Hamman K., por su valiosa asesoría en el procesamiento estadístico de los datos biométricos de las truchas.

Agradezco sinceramente a los siguientes especialistas sobre sistemática y bioecología de salmónidos, por haber enviado literatura específica en apoyo al trabajo de tesis: Dr. Robert R. Miller, Dr. Robert J. Behnke, Dr. William J. Berg, Dr. Robert H. Smith, Dr. Theodore C. Bjornn, Dr. John N. Rinne, Dr. Jan H. L'Abée-Lund, y Dr. Robert G. Titus.

A los propietarios del Rancho Mike's Sky, en el Arroyo San Rafael de la Sierra San Pedro Mártir, y en especial al Sr. Miguel León Hernández, por todas las facilidades otorgadas durante el estudio.

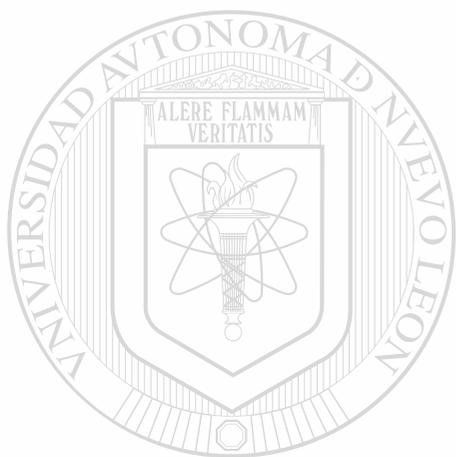
A las siguientes instituciones: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), Dirección General de Investigación Científica y Superación Académica de la Secretaría de Educación Pública (DGICSA-SEP), y Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Baja California (DGIP-UABC), por el apoyo económico recibido en las diferentes etapas del presente estudio.

También, hago extensivo mi agradecimiento a la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, por apoyar económicamente mis estudios de doctorado en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Asimismo, doy las gracias a C. Cristina Franco Garza, por todo el apoyo administrativo que brindó durante el programa doctoral.

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.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



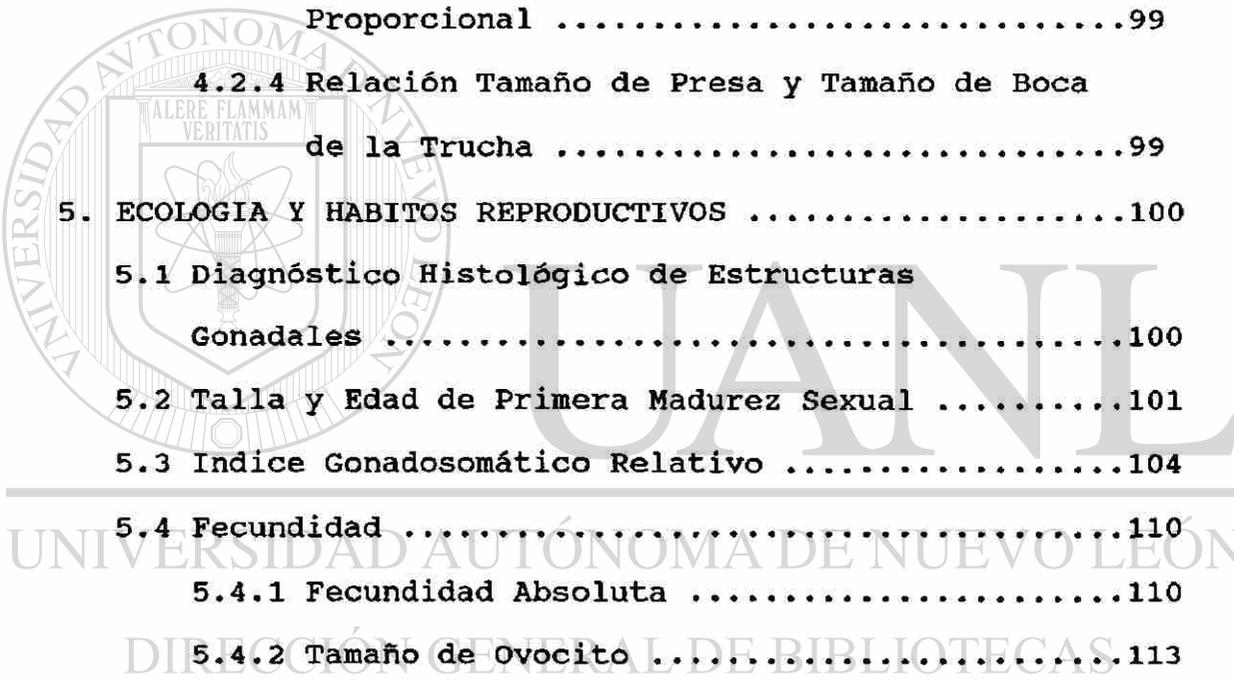
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CONTENIDO

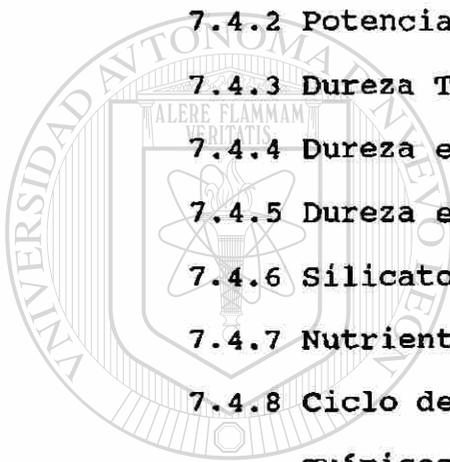
Página

I. INTRODUCCION .....	1
II. ANTECEDENTES .....	3
III. OBJETIVOS .....	24
IV. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO .....	26
V. MATERIAL Y METODOS .....	34
VI. RESULTADOS .....	54
1. Distribución Espacial y Altitudinal .....	54
2. Crecimiento Somático y Relaciones Biométricas .....	60
2.1 Crecimiento en Peso .....	60
2.2 Crecimiento en longitud .....	63
2.3 Relación Peso-Longitud .....	63
2.4 Factor de Condición (K) .....	65
2.5 Factor de Condición Relativo (Kn) .....	68
3. ESTRUCTURA POBLACIONAL .....	72
3.1 Composición Poblacional por Talla .....	72
3.2 Composición Poblacional por Edad .....	75
3.3 Composición Poblacional por Sexo .....	83
4. DESCRIPCION CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS HABITOS ALIMENTICIOS .....	83
4.1 Población Arroyo San Rafael .....	83
4.1.1 Composición Trófica Global y Estacional ...	86
4.1.2 Composición Trófica por Clase de Talla ....	86
4.1.3 Similitud Trófica .....	90

4.1.4 Relación Tamaño de Presa y Tamaño de Boca de la Trucha .....	94
4.1.5 Diversidad Trófica .....	96
4.2 Población Arroyo La Grulla .....	96
4.2.1 Composición Trófica Global .....	96
4.2.2 Composición Trófica Estacional .....	96
4.2.3 Amplitud de Nicho Trófico y Similitud Proporcional .....	99
4.2.4 Relación Tamaño de Presa y Tamaño de Boca de la Trucha .....	99
5. ECOLOGIA Y HABITOS REPRODUCTIVOS .....	100
5.1 Diagnóstico Histológico de Estructuras Gonadales .....	100
5.2 Talla y Edad de Primera Madurez Sexual .....	101
5.3 Índice Gonadosomático Relativo .....	104
5.4 Fecundidad .....	110
5.4.1 Fecundidad Absoluta .....	110
5.4.2 Tamaño de Ovocito .....	113
5.4.3 Fecundidad Relativa .....	113
6. AMBITO CASERO Y SU RELACION CON EL HABITAT .....	115
6.1 Tamaño del Ambito Casero .....	115
6.2 Relación del Tamaño del Ambito Casero con el Habitat .....	118
6.3 Densidad de Truchas por Unidad de Area .....	122



<b>7. CARACTERISTICAS LIMNOLOGICAS DEL HABITAT DE LA</b>	
<b>TRUCHA</b> .....	122
7.1 Características Geomorfológicas .....	122
7.2 Características Sedimentológicas .....	124
7.3 Características Hidrométricas .....	126
7.4 Características Físico-químicas .....	126
7.4.1 Temperatura del Aire y del Agua .....	129
7.4.2 Potencial de Iones Hidrógeno (pH) .....	129
7.4.3 Dureza Total .....	129
7.4.4 Dureza en Calcio .....	134
7.4.5 Dureza en Magnesio .....	134
7.4.6 Silicatos .....	134
7.4.7 Nutrientes .....	134
7.4.8 Ciclo de 24 horas de Parámetros Físico- químicos .....	136
7.4.8.1 Ciclo de 24 Horas en Octubre 2-3, 1991 .....	136
7.4.8.2 Ciclo de 24 Horas en Diciembre 6-7, 1991 .....	138
7.5 Características de la Biota Asociada .....	140
7.5.1 Vegetación Riparia .....	141
7.5.2 Vegetación Acuática (Macrófitas) .....	141
7.5.3 Densidad Promedio Estacional de Presas en el Arroyo San Rafael .....	142
7.5.3.1 Densidad de Presas Bentónicas .....	142



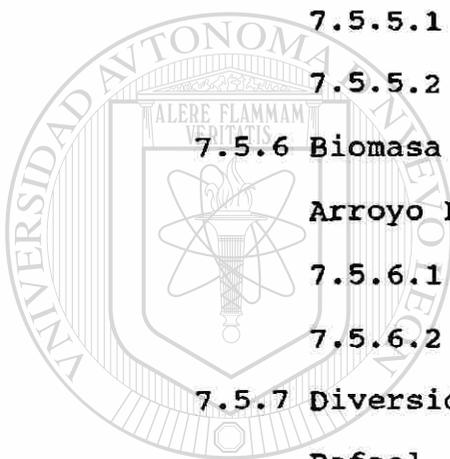
U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



7.5.3.2 Densidad de Presas de Deriva .....	145
7.5.4 Densidad Promedio Estacional de Presas en el Arroyo La Grulla .....	145
7.5.4.1 Densidad de Presas Bentónicas .....	145
7.5.4.2 Densidad de Presas de Deriva .....	148
7.5.5 Biomasa Promedio Estacional de Presas en el Arroyo San Rafael .....	148
7.5.5.1 Biomasa de Presas Bentónicas .....	148
7.5.5.2 Biomasa de Presas de Deriva .....	151
7.5.6 Biomasa Promedio Estacional de Presas en el Arroyo La Grulla .....	153
7.5.6.1 Biomasa de Presas Bentónicas .....	153
7.5.6.2 Biomasa de Presas de Deriva .....	153
7.5.7 Diversidad de Presas en el Arroyo San Rafael .....	156
<hr/>	
7.5.8 Diversidad de Presas en el Arroyo La Grulla .....	156
7.5.9 Depredadores .....	156
VII. DISCUSION .....	160
VIII. CONCLUSIONES .....	185
IX. RECOMENDACIONES SOBRE MANEJO Y CONSERVACION.....	189
X. LITERATURA CITADA .....	192
APENDICE 1	



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



LISTA DE FIGURAS

Página

- Figura 1. Ubicación geográfica de las localidades de muestreo en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....29
- Figura 2. Caracterización fisiográfica de un segmento de 1 Km del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, donde se efectuaron los experimentos de marcaje-recaptura de la trucha arcoiris. ....48
- Figura 3. Procedimiento de aplicación de la marca tipo "streamer" en la trucha arcoiris (tomado de Ruiz-Campos y Villalobos- Ramírez, 1991). ....49
- Figura 4. Crecimiento somático en peso por clase de edad de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a enero 1992). ....62
- Figura 5. Crecimiento somático en longitud por clase de edad de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a enero 1992). ....64
- Figura 6. Relación peso-longitud de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a enero 1992). ....66
- Figura 7. Factor de condición relativo (Kn) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a agosto 1989). ....69
- Figura 8. Factor de condición relativo (Kn) entre sexos de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a agosto 1989). ....71
- Figura 9. Composición poblacional por intervalo de talla de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a agosto 1989). ....73

Figura 10. Composición poblacional por clase de edad de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. A) Composición global (enero 1987 a agosto 1989), B) Composición anual para 1987, C) Composición anual para 1988, y D) Composición anual para 1989. ....80

Figura 11. Composición poblacional por clase de edad de la trucha, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en las diferentes fechas de muestreo en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a agosto 1989). ....81

Figura 12. Espectro alimenticio estacional de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), según el porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR). A) Invierno, B) Primavera, C) Verano, y D) Otoño. ....85

Figura 13. Espectro alimenticio total por clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), de acuerdo al porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR). A)  $\leq 55$  mm, B) 56-85 mm, C) 86-125 mm, y D)  $\geq 126$  mm. ....87

Figura 14. Espectro alimenticio estacional por clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), según el porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR). A)  $\leq 55$  mm, B) 56-85 mm, C) 86-125 mm, y D)  $\geq 126$  mm. Ver Apéndice 1 para explicación de abreviaturas. ....89

Figura 15. Similitud trófica estacional por clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987). A) Invierno, B) Primavera, C) Verano, y D) Otoño. ....92

Figura 16. Similitud trófica estacional de cada clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987). A) 56 a 85 mm, B) 86 a 125 mm, y C)  $\geq 126$  mm LP. ....93

Figura 17. Espectro trófico global de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (marzo a septiembre 1990), según el índice de importancia relativa (%IIR). ...97

Figura 18. Composición trófica estacional de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) del Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (marzo a septiembre 1990), y su comparación con la disponibilidad de presas en el ambiente. ....98

Figura 19. Frecuencia relativa de individuos maduros e inmaduros por clase de talla de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (febrero 1988 a febrero 1989). N= 269 individuos. ....105

Figura 20. Frecuencia relativa de individuos maduros e inmaduros por sexo y edad de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (febrero 1988 a febrero 1989). N= 269 individuos. ....106

Figura 21. Índice gonadosomático relativo (sexos separados y combinados) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (febrero 1988 a febrero 1989). ....109

Figura 22. Relación entre fecundidad y longitud patrón de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....114

Figura 23. Relación entre fecundidad y peso de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....116

Figura 24. Amplitud del ámbito casero de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (octubre 1988 a diciembre 1989). .....117

Figura 25. Densidad de truchas por transecto de 200 metros de longitud en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante un período de seis años (marzo 1987 a marzo 1993). .....123

Figura 26. Características fisiográficas e hidrométricas de los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....127

Figura 27. Temperatura ambiental y del agua en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante el período de enero 1987 a diciembre 1989. ....130

Figura 28. Potencial de iones hidrógeno en los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....132

Figura 29. Contenido promedio de sales disueltas en los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....133

Figura 30. Contenido promedio de silicatos en los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....135

Figura 31. Ciclo de 24 horas de temperatura y oxígeno disuelto en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante octubre 2-3, 1991. ....137

Figura 32. Ciclo de 24 horas de temperatura y oxígeno disuelto en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante diciembre 6-7, 1991. ....139

Figura 33. Densidad promedio estacional de presas bentónicas y de deriva en dos arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. A) Arroyo San Rafael, y B) Arroyo La Grulla. ....143

Figura 34. Densidad relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989). .....144

Figura 35. Densidad relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989). .....146

Figura 36. Densidad relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990). .....147

Figura 37. Densidad relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990). .....149

Figura 38. Biomasa relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989). ...150

Figura 39. Biomasa relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989). ....152

---

Figura 40. Biomasa relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990). .....154

Figura 41. Biomasa relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990). .....155

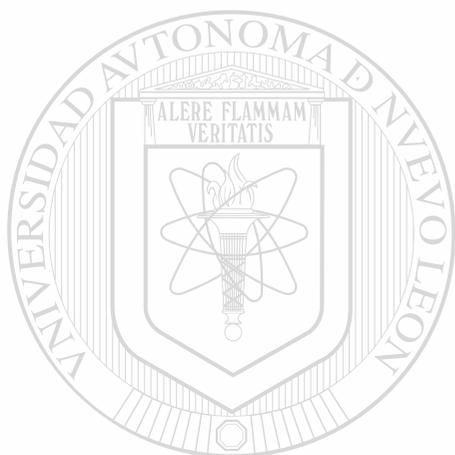
Figura 42. Diversidad de presas bentónicas y de deriva a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989). ...157

Figura 43. Diversidad de presas bentónicas y de deriva a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990). .....158

- Tabla 1. Crecimiento promedio en peso y longitud por clase de edad de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, B.C., México (enero 1987 a enero 1992). N= 509. ....61
- Tabla 2. Composición de la dieta de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), Número de truchas examinadas= 192. Ver texto para explicación de abreviaturas. ....84
- Tabla 3. Fecundidad promedio a nivel individual (ambas gónadas combinadas) y por gónada (derecha e izquierda) de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*), del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, indicando el tamaño promedio del ovocito. ....112
- Tabla 4. Análisis de correlación entre el tamaño del ámbito casero (distancia promedio desplazada) de la trucha, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, con los factores bióticos y abióticos de su habitat (octubre 1988 a diciembre 1989). ....119
- Tabla 5. Frecuencia de la talla de la trucha (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) en relación al tamaño de su ámbito casero, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (octubre 1988 a diciembre 1989). ....120
- Tabla 6. Frecuencia de la talla de la trucha (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) según el tipo de sustrato, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (octubre 1988 a diciembre 1989). ....121
- Tabla 7. Caracterización fisiográfica e hidrométrica de los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. .... 125
- Tabla 8. Caracterización físico-química del agua de los arroyos de la pendiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....128

- Tabla 1. Crecimiento promedio en peso y longitud por clase de edad de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, B.C., México (enero 1987 a enero 1992). N= 509. ....61
- Tabla 2. Composición de la dieta de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), Número de truchas examinadas= 192. Ver texto para explicación de abreviaturas. ....84
- Tabla 3. Fecundidad promedio a nivel individual (ambas gónadas combinadas) y por gónada (derecha e izquierda) de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*), del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, indicando el tamaño promedio del ovocito. ....112
- Tabla 4. Análisis de correlación entre el tamaño del ámbito casero (distancia promedio desplazada) de la trucha, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, con los factores bióticos y abióticos de su habitat (octubre 1988 a diciembre 1989). ....119
- Tabla 5. Frecuencia de la talla de la trucha (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) en relación al tamaño de su ámbito casero, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (octubre 1988 a diciembre 1989). ....120
- Tabla 6. Frecuencia de la talla de la trucha (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) según el tipo de sustrato, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (octubre 1988 a diciembre 1989). ....121
- Tabla 7. Caracterización fisiográfica e hidrométrica de los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. .... 125
- Tabla 8. Caracterización físico-química del agua de los arroyos de la pendiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....128

Tabla 9. Mediciones de temperatura y oxígeno disuelto a diferentes horas del día en los arroyos San Rafael (febrero 1988 a enero 1992) y San Antonio (junio 1992), de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....131



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE LAMINAS

Página

- Lámina 1. (A) Arroyo La Zanja (565 m) ca. confluencia con el Arroyo San Antonio, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México; (B) Arroyo San Antonio de Murillos (540 m) ca. Rancho San Antonio. ....55
- Lámina 2. (A) Arroyo El Potrero (950 m) ca. Rancho El Potrero, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México; (B) Arroyo La Grulla (2,030 m) en la localidad del mismo nombre. ....56
- Lámina 3. (A) Arroyo San Rafael (1,219 m) ca. Rancho Mike's Sky, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México; (B) Arroyo San Rafael (1,350 m) en el Rancho Garet. ....57
- Lámina 4. (A) Ejemplar adulto de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, con fase de coloración clara; (B) Ejemplar juvenil-del-año de trucha arcoiris del Arroyo San Antonio de Murillos. ....58
- Lámina 5. (A) Ejemplar adulto de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, con fase de coloración oscura; (B) Ejemplar adulto de trucha arcoiris del Arroyo San Antonio de Murillos, con fase de coloración clara. ....59
- Lámina 6. (A) Escama de una trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) de edad cero o juvenil-del-año; (B) Escama de una trucha arcoiris de edad I. ....76
- Lámina 7. (A) Escama de una trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) de edad II; (B) Escama de una trucha arcoiris de edad III. ....77
- Lámina 8. Escama de una trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) de edad IV. ....78

Lámina 9. Micrografía de la gónada indiferenciada de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*). Membrana peritoneal (MP), tejido conjuntivo (TC), fibroblastos (F), células germinales primordiales (CGP), células mesenquimatosas (CM), nidos de células (N), y eritrocitos (E). Tinción hematoxilina-eosina. ....102

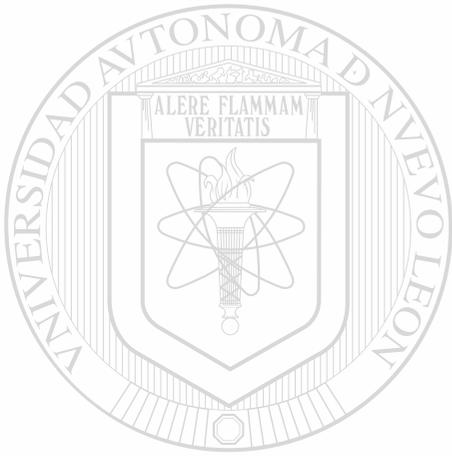
Lámina 10. Micrografía de la gónada diferenciada (ovario) de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*). Cápsula (C), folículo (F), oocitos previtelogénicos de tipo I (O.I) y tipo II (O.II). Tinción hematoxilina-eosina. ....103

Lámina 11. Micrografía de la gónada madura (testículo) de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*). Tinción hematoxilina-eosina. ....107

Lámina 12. Ovocito maduro de una hembra de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) de 1 año de edad. Tinción hematoxilina-eosina. ....108

Lámina 13. (A) ovario de un ejemplar hembra de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) en etapa avanzada de desarrollo, (B) testículo de un ejemplar macho de trucha arcoiris en etapa avanzada de desarrollo. ....111

correlation with the depth and discharge of the stream as well as with the density of drift prey. The trout density in the Arroyo San Rafael, dropped drastically from 0.047 trout/m<sup>2</sup> before a forest fire on August 1989 to 0.005 trout/m<sup>2</sup> after this disturbance.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



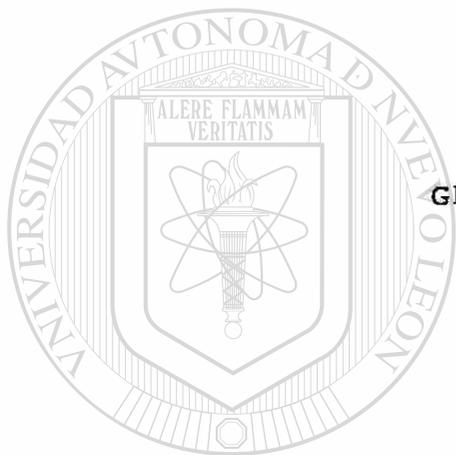
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DEDICATORIA

A MI ESPOSA:

BIOL. PATRICIA COTA SERRANO

CON TODO MI AMOR Y CARIÑO



A MIS HIJOS:

GERMAN Y PATRICIA

CON AMOR

A MIS PADRES:

---

SR. MARIO RUIZ CAVAZOS (+)

SRA. PROFRA. MARIA DE JESUS CAMPOS DE RUIZ

CON MI PROFUNDO CARIÑO, ADMIRACION Y RESPETO

A MIS HERMANOS:

ING. MARIO RUIZ CAMPOS

PROFRA. BELINDA EDITH RUIZ CAMPOS

CON MI CARIÑO FRATERNAL DE SIEMPRE

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones por el apoyo que me brindaron durante el desarrollo de la tesis.

A mi director de tesis Dr. Guillermo A. Compeán Jiménez, por su constante apoyo y supervisión a través de las diferentes etapas de la tesis, y por sus acertados consejos y recomendaciones en todas las versiones del manuscrito.

A mi asesor externo M.Sc. Edwin P. Pister, por su gran apoyo a lo largo de nueve años de continua colaboración sobre el estudio de la trucha de la Sierra San Pedro Mártir, y de quien he recibido una filosofía de dedicación y trabajo. Asimismo, le agradezco sus valiosos comentarios y sugerencias en la revisión del manuscrito.

Al Dr. Salvador Contreras Balderas, quien me inició en el campo de la Ictiología, y de quien he recibido una gran influencia en mi formación académica y profesional.

Asimismo, agradezco a los miembros del comité de tesis: Dr. Guillermo A. Compeán Jiménez, M.Sc. Edwin P. Pister, Dra. Lucía E. Cruz Suárez, Dr. Salvador Contreras Balderas, y Dr. Roberto Mendoza Alfaro, por sus excelentes comentarios y sugerencias para el documento de tesis.

Numerosas personas colaboraron activamente en los muestreos ictiológicos y limnológicos en la Sierra San Pedro Mártir, en las diferentes etapas del presente estudio, y a quienes agradezco

profundamente: Oc. Carlos Yruretagoyena Ugalde, Oc. Javier Gómez Ramírez, Biól. Patricia Cota Serrano, Oc. Guillermo Rubio Alegría, P. Biól. Víctor Román Miranda, Biól. Isabel Montes Pérez, P. Biól. Angélica Bastidas, Biól. Dora L. León García, Biól. Martha E. Valles Ríos, Biól. Olivia M. Tapia Vázquez, Oc. Manuel M. Villalobos Ramírez, P. Biól. Lorenzo Quintana Barrios, P. Biól. Alejandro Gerardo Avendaño, P. Biól. Ramón Pérez Arvizú, Biól. Jorge Alaníz García, Biól. Eduardo E. López Saavedra, P. Biól. Jesús Escamilla Vázquez, P. Biól. Javier Torres Ruíz, Dr. Carlos Márquez Becerra, Biól. Marcelo Rodríguez Meraz, M.C. José de Jesús Castellón Olivares, Biól. José Delgadillo Rodríguez, M.C. Faustino Camarena Rosales, M.Sc. Arcadio Valdés González, Biól. José Carlos Garduño Franco, Biól. Jorge Ramírez Acosta, y Dr. Víctor M. Salceda Sacanelles.

Además agradezco de manera muy especial a Oc. Javier Gómez Ramírez, Biól. Patricia Cota Serrano, Biól. Isabel Montes Pérez, Biól. Dora L. León García, P. Biól. Angélica Bastidas, Biól. Martha E. Valles Ríos, y Oc. Manuel M. Villalobos Ramírez, por su valiosa ayuda en el procesamiento del material ictiológico tanto en el campo como en el laboratorio. De igual forma agradezco a Biól. José Delgadillo Rodríguez, por su ayuda en la identificación de la vegetación ribereña y acuática en los diferentes sitios de muestreo; y a M.C. Rafael Solana Sansores y M.Sc. M. Gregory Hamman K., por su valiosa asesoría en el procesamiento estadístico de los datos biométricos de las truchas.

Agradezco sinceramente a los siguientes especialistas sobre sistemática y bioecología de salmónidos, por haber enviado literatura específica en apoyo al trabajo de tesis: Dr. Robert R. Miller, Dr. Robert J. Behnke, Dr. William J. Berg, Dr. Robert H. Smith, Dr. Theodore C. Bjornn, Dr. John N. Rinne, Dr. Jan H. L'Abée-Lund, y Dr. Robert G. Titus.

A los propietarios del Rancho Mike's Sky, en el Arroyo San Rafael de la Sierra San Pedro Mártir, y en especial al Sr. Miguel León Hernández, por todas las facilidades otorgadas durante el estudio.

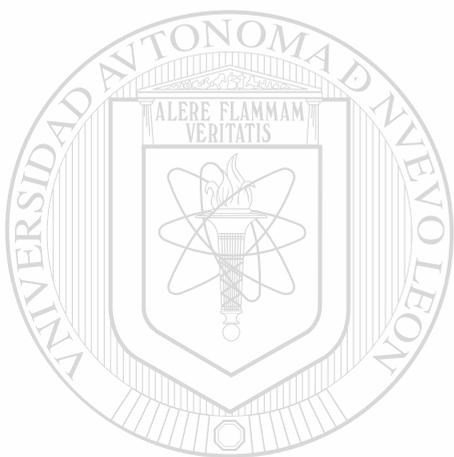
A las siguientes instituciones: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), Dirección General de Investigación Científica y Superación Académica de la Secretaría de Educación Pública (DGICSA-SEP), y Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Baja California (DGIP-UABC), por el apoyo económico recibido en las diferentes etapas del presente estudio.

También, hago extensivo mi agradecimiento a la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, por apoyar económicamente mis estudios de doctorado en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Asimismo, doy las gracias a C. Cristina Franco Garza, por todo el apoyo administrativo que brindó durante el programa doctoral.

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.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



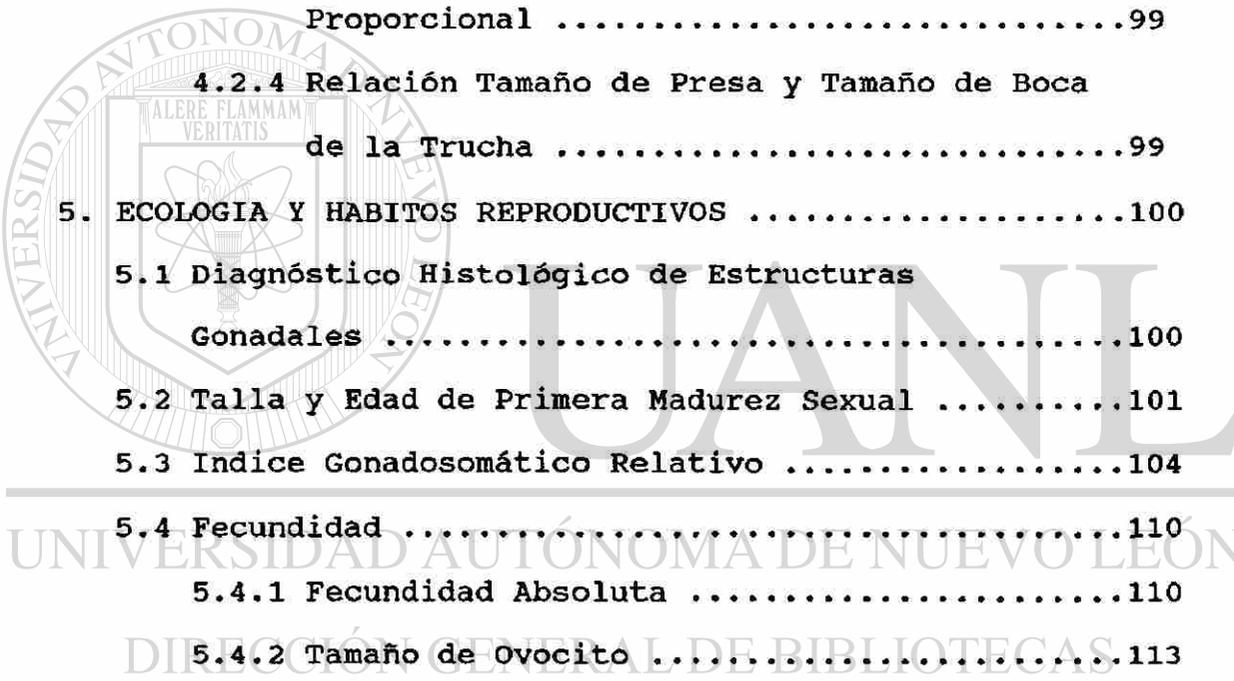
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CONTENIDO

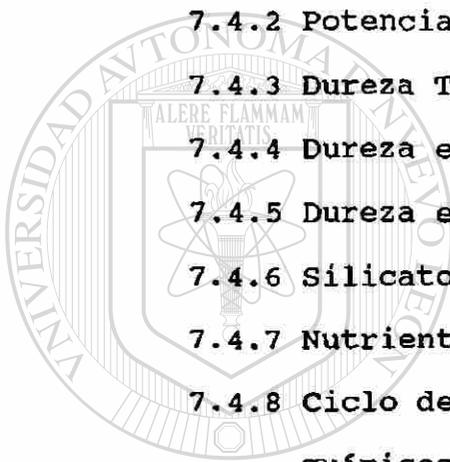
Página

I. INTRODUCCION .....	1
II. ANTECEDENTES .....	3
III. OBJETIVOS .....	24
IV. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO .....	26
V. MATERIAL Y METODOS .....	34
VI. RESULTADOS .....	54
1. Distribución Espacial y Altitudinal .....	54
2. Crecimiento Somático y Relaciones Biométricas .....	60
2.1 Crecimiento en Peso .....	60
2.2 Crecimiento en longitud .....	63
2.3 Relación Peso-Longitud .....	63
2.4 Factor de Condición (K) .....	65
2.5 Factor de Condición Relativo (Kn) .....	68
3. ESTRUCTURA POBLACIONAL .....	72
3.1 Composición Poblacional por Talla .....	72
3.2 Composición Poblacional por Edad .....	75
3.3 Composición Poblacional por Sexo .....	83
4. DESCRIPCION CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS HABITOS ALIMENTICIOS .....	83
4.1 Población Arroyo San Rafael .....	83
4.1.1 Composición Trófica Global y Estacional ...	86
4.1.2 Composición Trófica por Clase de Talla ....	86
4.1.3 Similitud Trófica .....	90

4.1.4 Relación Tamaño de Presa y Tamaño de Boca de la Trucha .....	94
4.1.5 Diversidad Trófica .....	96
4.2 Población Arroyo La Grulla .....	96
4.2.1 Composición Trófica Global .....	96
4.2.2 Composición Trófica Estacional .....	96
4.2.3 Amplitud de Nicho Trófico y Similitud Proporcional .....	99
4.2.4 Relación Tamaño de Presa y Tamaño de Boca de la Trucha .....	99
5. ECOLOGIA Y HABITOS REPRODUCTIVOS .....	100
5.1 Diagnóstico Histológico de Estructuras Gonadales .....	100
5.2 Talla y Edad de Primera Madurez Sexual .....	101
5.3 Índice Gonadosomático Relativo .....	104
5.4 Fecundidad .....	110
5.4.1 Fecundidad Absoluta .....	110
5.4.2 Tamaño de Ovocito .....	113
5.4.3 Fecundidad Relativa .....	113
6. AMBITO CASERO Y SU RELACION CON EL HABITAT .....	115
6.1 Tamaño del Ambito Casero .....	115
6.2 Relación del Tamaño del Ambito Casero con el Habitat .....	118
6.3 Densidad de Truchas por Unidad de Area .....	122



<b>7. CARACTERISTICAS LIMNOLOGICAS DEL HABITAT DE LA</b>	
<b>TRUCHA</b> .....	122
7.1 Características Geomorfológicas .....	122
7.2 Características Sedimentológicas .....	124
7.3 Características Hidrométricas .....	126
7.4 Características Físico-químicas .....	126
7.4.1 Temperatura del Aire y del Agua .....	129
7.4.2 Potencial de Iones Hidrógeno (pH) .....	129
7.4.3 Dureza Total .....	129
7.4.4 Dureza en Calcio .....	134
7.4.5 Dureza en Magnesio .....	134
7.4.6 Silicatos .....	134
7.4.7 Nutrientes .....	134
7.4.8 Ciclo de 24 horas de Parámetros Físico- químicos .....	136
7.4.8.1 Ciclo de 24 Horas en Octubre 2-3, 1991 .....	136
7.4.8.2 Ciclo de 24 Horas en Diciembre 6-7, 1991 .....	138
7.5 Características de la Biota Asociada .....	140
7.5.1 Vegetación Riparia .....	141
7.5.2 Vegetación Acuática (Macrófitas) .....	141
7.5.3 Densidad Promedio Estacional de Presas en el Arroyo San Rafael .....	142
7.5.3.1 Densidad de Presas Bentónicas .....	142



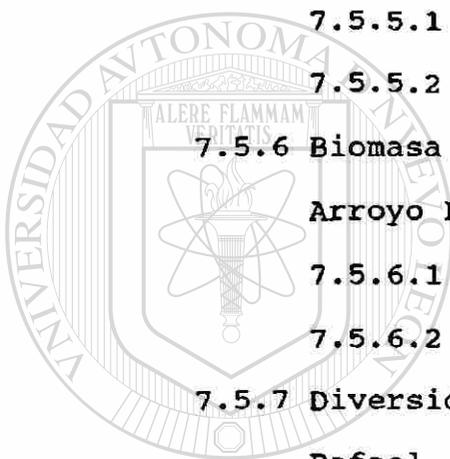
U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



7.5.3.2 Densidad de Presas de Deriva .....	145
7.5.4 Densidad Promedio Estacional de Presas en el Arroyo La Grulla .....	145
7.5.4.1 Densidad de Presas Bentónicas .....	145
7.5.4.2 Densidad de Presas de Deriva .....	148
7.5.5 Biomasa Promedio Estacional de Presas en el Arroyo San Rafael .....	148
7.5.5.1 Biomasa de Presas Bentónicas .....	148
7.5.5.2 Biomasa de Presas de Deriva .....	151
7.5.6 Biomasa Promedio Estacional de Presas en el Arroyo La Grulla .....	153
7.5.6.1 Biomasa de Presas Bentónicas .....	153
7.5.6.2 Biomasa de Presas de Deriva .....	153
7.5.7 Diversidad de Presas en el Arroyo San Rafael .....	156
<hr/>	
7.5.8 Diversidad de Presas en el Arroyo La Grulla .....	156
7.5.9 Depredadores .....	156
VII. DISCUSION .....	160
VIII. CONCLUSIONES .....	185
IX. RECOMENDACIONES SOBRE MANEJO Y CONSERVACION.....	189
X. LITERATURA CITADA .....	192
APENDICE 1	



UNANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



LISTA DE FIGURAS

Página

- Figura 1. Ubicación geográfica de las localidades de muestreo en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....29
- Figura 2. Caracterización fisiográfica de un segmento de 1 Km del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, donde se efectuaron los experimentos de marcaje-recaptura de la trucha arcoiris. ....48
- Figura 3. Procedimiento de aplicación de la marca tipo "streamer" en la trucha arcoiris (tomado de Ruiz-Campos y Villalobos- Ramírez, 1991). ....49
- Figura 4. Crecimiento somático en peso por clase de edad de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a enero 1992). ....62
- Figura 5. Crecimiento somático en longitud por clase de edad de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a enero 1992). ....64
- Figura 6. Relación peso-longitud de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a enero 1992). ....66
- Figura 7. Factor de condición relativo (Kn) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a agosto 1989). ....69
- Figura 8. Factor de condición relativo (Kn) entre sexos de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a agosto 1989). ....71
- Figura 9. Composición poblacional por intervalo de talla de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a agosto 1989). ....73

Figura 10. Composición poblacional por clase de edad de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. A) Composición global (enero 1987 a agosto 1989), B) Composición anual para 1987, C) Composición anual para 1988, y D) Composición anual para 1989. ....80

Figura 11. Composición poblacional por clase de edad de la trucha, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en las diferentes fechas de muestreo en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a agosto 1989). ....81

Figura 12. Espectro alimenticio estacional de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), según el porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR). A) Invierno, B) Primavera, C) Verano, y D) Otoño. ....85

Figura 13. Espectro alimenticio total por clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), de acuerdo al porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR). A)  $\leq 55$  mm, B) 56-85 mm, C) 86-125 mm, y D)  $\geq 126$  mm. ....87

Figura 14. Espectro alimenticio estacional por clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), según el porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR). A)  $\leq 55$  mm, B) 56-85 mm, C) 86-125 mm, y D)  $\geq 126$  mm. Ver Apéndice 1 para explicación de abreviaturas. ....89

Figura 15. Similitud trófica estacional por clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987). A) Invierno, B) Primavera, C) Verano, y D) Otoño. ....92

Figura 16. Similitud trófica estacional de cada clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, <i>Oncorhynchus mykiss nelsoni</i> , del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987). A) 56 a 85 mm, B) 86 a 125 mm, y C) $\geq 126$ mm LP. ....	93
Figura 17. Espectro trófico global de la trucha arcoiris, <i>Oncorhynchus mykiss nelsoni</i> , del Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (marzo a septiembre 1990), según el índice de importancia relativa (%IIR). ...	97
Figura 18. Composición trófica estacional de la trucha arcoiris ( <i>Oncorhynchus mykiss nelsoni</i> ) del Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (marzo a septiembre 1990), y su comparación con la disponibilidad de presas en el ambiente. ....	98
Figura 19. Frecuencia relativa de individuos maduros e inmaduros por clase de talla de la trucha arcoiris, <i>Oncorhynchus mykiss nelsoni</i> , del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (febrero 1988 a febrero 1989). N= 269 individuos. ....	105
Figura 20. Frecuencia relativa de individuos maduros e inmaduros por sexo y edad de la trucha arcoiris, <i>Oncorhynchus mykiss nelsoni</i> , del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (febrero 1988 a febrero 1989). N= 269 individuos. ....	106
Figura 21. Índice gonadosomático relativo (sexos separados y combinados) de la trucha arcoiris, <i>Oncorhynchus mykiss nelsoni</i> , del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (febrero 1988 a febrero 1989). ....	109
Figura 22. Relación entre fecundidad y longitud patrón de la trucha arcoiris, <i>Oncorhynchus mykiss nelsoni</i> , del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....	114
Figura 23. Relación entre fecundidad y peso de la trucha arcoiris, <i>Oncorhynchus mykiss nelsoni</i> , del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....	116

Figura 24. Amplitud del ámbito casero de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (octubre 1988 a diciembre 1989). .....117

Figura 25. Densidad de truchas por transecto de 200 metros de longitud en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante un período de seis años (marzo 1987 a marzo 1993). .....123

Figura 26. Características fisiográficas e hidrométricas de los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....127

Figura 27. Temperatura ambiental y del agua en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante el período de enero 1987 a diciembre 1989. ....130

Figura 28. Potencial de iones hidrógeno en los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....132

Figura 29. Contenido promedio de sales disueltas en los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....133

Figura 30. Contenido promedio de silicatos en los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....135

Figura 31. Ciclo de 24 horas de temperatura y oxígeno disuelto en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante octubre 2-3, 1991. ....137

Figura 32. Ciclo de 24 horas de temperatura y oxígeno disuelto en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante diciembre 6-7, 1991. ....139

Figura 33. Densidad promedio estacional de presas bentónicas y de deriva en dos arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. A) Arroyo San Rafael, y B) Arroyo La Grulla. ....143

Figura 34. Densidad relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989). .....144

Figura 35. Densidad relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989). .....146

Figura 36. Densidad relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990). .....147

Figura 37. Densidad relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990). .....149

Figura 38. Biomasa relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989). ...150

Figura 39. Biomasa relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989). ....152

---

Figura 40. Biomasa relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990). .....154

Figura 41. Biomasa relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990). .....155

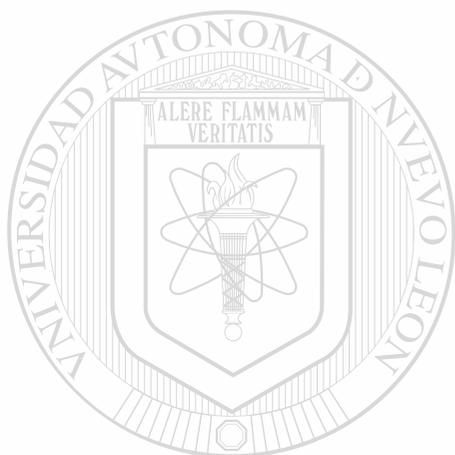
Figura 42. Diversidad de presas bentónicas y de deriva a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989). ...157

Figura 43. Diversidad de presas bentónicas y de deriva a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990). .....158

- Tabla 1. Crecimiento promedio en peso y longitud por clase de edad de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, B.C., México (enero 1987 a enero 1992). N= 509. ....61
- Tabla 2. Composición de la dieta de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), Número de truchas examinadas= 192. Ver texto para explicación de abreviaturas. ....84
- Tabla 3. Fecundidad promedio a nivel individual (ambas gónadas combinadas) y por gónada (derecha e izquierda) de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*), del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, indicando el tamaño promedio del ovocito. ....112
- Tabla 4. Análisis de correlación entre el tamaño del ámbito casero (distancia promedio desplazada) de la trucha, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, con los factores bióticos y abióticos de su habitat (octubre 1988 a diciembre 1989). ....119
- Tabla 5. Frecuencia de la talla de la trucha (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) en relación al tamaño de su ámbito casero, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (octubre 1988 a diciembre 1989). ....120
- Tabla 6. Frecuencia de la talla de la trucha (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) según el tipo de sustrato, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (octubre 1988 a diciembre 1989). ....121
- Tabla 7. Caracterización fisiográfica e hidrométrica de los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. .... 125
- Tabla 8. Caracterización físico-química del agua de los arroyos de la pendiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....128

- Tabla 1. Crecimiento promedio en peso y longitud por clase de edad de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, B.C., México (enero 1987 a enero 1992). N= 509. ....61
- Tabla 2. Composición de la dieta de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), Número de truchas examinadas= 192. Ver texto para explicación de abreviaturas. ....84
- Tabla 3. Fecundidad promedio a nivel individual (ambas gónadas combinadas) y por gónada (derecha e izquierda) de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*), del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, indicando el tamaño promedio del ovocito. ....112
- Tabla 4. Análisis de correlación entre el tamaño del ámbito casero (distancia promedio desplazada) de la trucha, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, con los factores bióticos y abióticos de su habitat (octubre 1988 a diciembre 1989). ....119
- Tabla 5. Frecuencia de la talla de la trucha (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) en relación al tamaño de su ámbito casero, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (octubre 1988 a diciembre 1989). ....120
- Tabla 6. Frecuencia de la talla de la trucha (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) según el tipo de sustrato, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (octubre 1988 a diciembre 1989). ....121
- Tabla 7. Caracterización fisiográfica e hidrométrica de los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. .... 125
- Tabla 8. Caracterización físico-química del agua de los arroyos de la pendiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....128

Tabla 9. Mediciones de temperatura y oxígeno disuelto a diferentes horas del día en los arroyos San Rafael (febrero 1988 a enero 1992) y San Antonio (junio 1992), de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. ....131



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE LAMINAS

Página

- Lámina 1. (A) Arroyo La Zanja (565 m) ca. confluencia con el Arroyo San Antonio, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México; (B) Arroyo San Antonio de Murillos (540 m) ca. Rancho San Antonio. ....55
- Lámina 2. (A) Arroyo El Potrero (950 m) ca. Rancho El Potrero, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México; (B) Arroyo La Grulla (2,030 m) en la localidad del mismo nombre. ....56
- Lámina 3. (A) Arroyo San Rafael (1,219 m) ca. Rancho Mike's Sky, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México; (B) Arroyo San Rafael (1,350 m) en el Rancho Garet. ....57
- Lámina 4. (A) Ejemplar adulto de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, con fase de coloración clara; (B) Ejemplar juvenil-del-año de trucha arcoiris del Arroyo San Antonio de Murillos. ....58
- Lámina 5. (A) Ejemplar adulto de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, con fase de coloración oscura; (B) Ejemplar adulto de trucha arcoiris del Arroyo San Antonio de Murillos, con fase de coloración clara. ....59
- Lámina 6. (A) Escama de una trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) de edad cero o juvenil-del-año; (B) Escama de una trucha arcoiris de edad I. ....76
- Lámina 7. (A) Escama de una trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) de edad II; (B) Escama de una trucha arcoiris de edad III. ....77
- Lámina 8. Escama de una trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) de edad IV. ....78

Lámina 9. Micrografía de la gónada indiferenciada de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*). Membrana peritoneal (MP), tejido conjuntivo (TC), fibroblastos (F), células germinales primordiales (CGP), células mesenquimatosas (CM), nidos de células (N), y eritrocitos (E). Tinción hematoxilina-eosina. ....102

Lámina 10. Micrografía de la gónada diferenciada (ovario) de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*). Cápsula (C), folículo (F), oocitos previtelogénicos de tipo I (O.I) y tipo II (O.II). Tinción hematoxilina-eosina. ....103

Lámina 11. Micrografía de la gónada madura (testículo) de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*). Tinción hematoxilina-eosina. ....107

Lámina 12. Ovocito maduro de una hembra de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) de 1 año de edad. Tinción hematoxilina-eosina. ....108

Lámina 13. (A) ovario de un ejemplar hembra de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) en etapa avanzada de desarrollo, (B) testículo de un ejemplar macho de trucha arcoiris en etapa avanzada de desarrollo. ....111

## I. INTRODUCCION

La trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann 1908), es una subespecie endémica de la pendiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (Miller, 1950; MacCrimmon, 1971; Smith, 1984; Berg et al., ms), en altitudes de 600 a 2,000 m (Ruiz-Campos, 1991a), y uno de los stocks más puros de trucha arcoiris costera en Norteamérica (Berg et al., ms); asimismo, presenta atributos ecológicos que la distinguen de otros miembros de la serie "arcoiris costera" (serie "coastal rainbow trout"), como son su capacidad euritérmica y comportamiento no migratorio en su habitat natural (Needham, 1938). Actualmente es considerada dentro de la categoría de preocupación especial por el Comité de Peces en Peligro de Extinción de la American Fisheries Society, debido a su reducida distribución y abundancia (Williams et al., 1989).

La distribución original de la trucha arcoiris costera, es a través de la vertiente de la costa Pacífica de Norteamérica, desde el Kuskokwim River, Alaska, hasta Baja California, México (Behnke, 1992). Sin embargo, debido a su propagación para fines de cultivo desde 1872 (Behnke, 1992), actualmente está distribuida en en el Este de Norteamérica, Africa, Asia, Australia, Europa, y Sudamérica (MacCrimmon, 1971, 1972).

Debido a los pocos estudios bioecológicos sobre la trucha arcoiris de la Sierra San Pedro Mártir, el objetivo del presente estudio, es determinar su status distribucional, bioecológico y

poblacional, que permitan establecer medidas y estrategias para su conservación y manejo.

Este estudio se apoya logísticamente en el proyecto de investigación "Distribución y bionomía de la trucha de la Sierra San Pedro Mártir (*Salmo gairdneri nelsoni* [= *Oncorhynchus mykiss nelsoni*]), como especie potencialmente cultivable en Baja California", el cual fue financiado en sus diferentes etapas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (convenio PCECCNA-050389, Agosto 1987-Septiembre 1989; y convenio P220CCOR-892393, Octubre 1989-Septiembre 1990), la Dirección General de Investigación Científica y Superación Académica, S.E.P. (convenio C-88-01-081, Junio 1988-Julio 1989; y convenio C-89-01-185, Junio 1989-Julio 1991) y la Dirección de Investigación y Posgrado, U.A.B.C. (proyecto 0148, Enero 1988-Junio 1992). La parte final de este estudio fue parcialmente apoyado por el convenio CONACyT 0340-N9107 (Junio 1992-Junio 1993).

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## II. ANTECEDENTES

### a. Taxonomía y Distribución

La primera referencia sobre la ocurrencia de la trucha arcoiris de la Sierra San Pedro Mártir (SSPM), Baja California, México, se remonta a Meek (1904), quien menciona que cuatro ejemplares fueron colectados por E. Heller en Junio de 1902, en la localidad de San Antonio [Arroyo Santo Domingo o San Antonio de Murillos en Rancho San Antonio]. Tres años después (Julio 1905), el naturalista Edward W. Nelson, en sus recorridos exploratorios en la SSPM, colectó nueve truchas en la localidad antes referida, y facilitó dichos ejemplares al Dr. Barton Warren Evermann (U.S. Bureau of Fisheries) para su identificación taxonómica. En consecuencia, Evermann en 1908 la describió como una especie nueva para la ciencia, a la cual denominó *Salmo nelsoni*, en honor a su colector.

Chester C. Lamb (Museum of Vertebrate Zoology of the University of California) colectó truchas en 1925 en la localidad tipo de *nelsoni*, quien a su vez las turnó al Dr. John O. Snyder para su revisión en 1926. Dicho autor comparó los ejemplares con otros miembros congénéricos, y llegó a la conclusión de que se trataba de una población aislada geográficamente de la ya conocida trucha arcoiris costera *Salmo irideus* Richardson (actualmente referida como *Oncorhynchus mykiss irideus*; cf., Behnke, 1992). Asimismo, precisa que el conteo de 170 escamas en la serie lateral del holotipo fue erróneo, ya que posteriores revisiones por Dr. J.O. Snyder y Dr. Barton B. Bean, demostraron

que el número de escamas se encuentra en el rango de 127 y 143. Posiblemente este error, dificultó a Evermann discernir la relación filogénetica de la especie, llegando a la conclusión de que estaba más emparentada con la trucha arcoiris de Kern River, California (*O. mykiss gilberti* [Jordan]) y las varias formas de trucha dorada (*O. aguabonita* subsp.) de esa misma cuenca.

En dos ocasiones (Mayo 1936 y Mayo 1937), Paul R. Needham, colectó ejemplares de trucha arcoiris en el Arroyo Santa Cruz [sic], el cual confluye con el Arroyo Santo Domingo aproximadamente a un cuarto de milla del Rancho San Antonio (Needham, 1938). Los ejemplares colectados por Needham fueron mantenidos vivos en recipientes y transportados con la ayuda de mulas hasta la localidad de Valladares (SSPM), y de allí llevadas a la Piscifactoría de Forest Home, California (E.U.A.) con el propósito de introducirlas en los arroyos de California, debido a su comportamiento no migratorio y capacidad euritérmica en su medio natural (Needham, 1938); sin embargo, nueve meses después de ser mantenidos en un arroyo experimental de la piscifactoría antes citada, mueren a consecuencia de una fuerte creciente provocada por una lluvia torrencial que devastó el arroyo (Needham, 1955).

Evermann (1908) y Snyder (1926), señalan que la distribución de la trucha arcoiris de la Sierra San Pedro Mártir, se confina a una sección de 15 millas del Arroyo Santo Domingo en la localidad Rancho San Antonio, ubicada en la pendiente occidental de la sierra (altitud 610 m).

Durante el período de 1929 y 1941, Charles Edward Utt, un naturalista originario de California, E.U.A., efectuó translocaciones de la trucha arcoiris de la localidad tipo (Rancho San Antonio) hacia varios arroyos de la pendiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir, tales como La Grulla, La Zanja, La Misión, Valladares, y San Rafael (cf. Utt, 1991: carta enviada por E.C. Utt al Dr. Carl L. Hubbs en Junio 15 de 1945, recientemente publicada por Mike Wilken Robertson, 1991). Estas translocaciones fueron exitosas ya que actualmente existen poblaciones establecidas en las localidades de La Grulla, La Misión, y San Rafael (Ruiz-Campos, 1991a).

Con referencia al origen evolutivo y biogeográfico de la trucha arcoiris de SSPM, existen diversas opiniones al respecto. Evermann (1908) y Snyder (1926) concuerdan que esta trucha presenta características típicas de los miembros de la serie arcoiris, aunque difieren en relación a su posible origen.

Evermann (1908) señala una mayor afinidad con la trucha arcoiris de Kern River, California (*O. mykiss gilberti*), sugiriendo que la localidad de San Ramón [= San Antonio] fue poblada por truchas provenientes de las corrientes costeras de California, las cuales migraron por el Océano Pacífico hasta alcanzar la boca del Arroyo Santo Domingo y penetrar por casi 100 millas. Por su parte, Snyder (1926) concluyó que presenta una mayor afinidad con la trucha arcoiris costera de California (*Salmo irideus* = *O. mykiss irideus*), pero no precisa ningún carácter diagnóstico para poderlas distinguir merística y morfométricamente. De acuerdo al

criterio de Dr. Robert J. Behnke, la trucha del Arroyo Santo Domingo es considerada como una población aislada de trucha arcoiris costera, cuyo ancestro es probablemente similar al de la trucha arcoiris de Pauma Creek (un tributario del Río San Luis Rey, Mount Palomar, sur de California), una mezcla de formas primitivas de trucha redband (población interior) y trucha arcoiris costera. Asimismo, expresa que la trucha del Santo Domingo no amerita ser considerada como una subespecie distinta (Behnke, 1992); sin embargo, estudios electroforéticos han demostrado la presencia de un alelo exclusivo de esta trucha (Ck-2 (115), que la diferencia y la diagnostica como una subespecie distinta (Berg et al., ms); además señalan que presenta una mayor afinidad genética con la trucha arcoiris costera (*O. mykiss irideus* [no *O. m. gairdneri*]).

Varios autores han concordado sobre el posible origen de la trucha arcoiris de la Sierra San Pedro Mártir (Hubbs, 1946; Needham y Gard, 1959; Smith, 1984, 1991; Berg et al., ms), argumentando que esta trucha es una población aislada derivada de la trucha arcoiris costera (serie "coarse-scaled"). En alusión a lo anterior, Miller (*in litt.*) comentó que esta trucha quedó aislada hace aproximadamente 10,000 años durante el período de desglaciación, lo cual es evidenciado por la pureza de su genotipo y su adaptación a los frecuentes bajos flujos y altas temperaturas que caracterizan este habitat sureño. Durante el período de desglaciación o retrogresión glacial, el cual terminó hace diez mil años, poblaciones de una misma especie fueron

fragmentadas y separadas por la formación de barreras físicas, donde evolucionaron de acuerdo a las características específicas de sus nuevos ambientes (Willers, 1991).

Follett (1960) y Ruiz-Campos y Contreras-Balderas (1987), catalogaron a la trucha de la Sierra San Pedro Mártir como una forma diadroma, con una distribución confinada a los arroyos San Rafael y Santo Domingo, en la pendiente occidental de dicha sierra. Además señalan que esta trucha es la única especie íctica que habita los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir.

#### **b. Edad, Crecimiento, e Índices Somáticos**

Las características de edad y crecimiento de *Oncorhynchus mykiss nelsoni* han sido poco estudiadas en comparación con otras subespecies de trucha arcoiris en Norteamérica (cf., Carlander, 1969). Snyder (1926) determinó la edad de 56 ejemplares de trucha del Arroyo San Antonio (tributario del Arroyo Santo Domingo) en la Sierra San Pedro Mártir, registrando cuatro clases de edad (I a IV años), con dominancia de las clases de edad de dos y tres años; sin embargo su análisis fue basado en un solo muestreo. Ruiz-Campos y Gómez-Ramírez (1991), determinaron la edad y el crecimiento somático de 196 ejemplares de trucha arcoiris (*O. mykiss nelsoni*), en una localidad del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, registrando cuatro clases de edad (0-III años) y una mayor dominancia de la clase edad 0 o juveniles-del-año (49%).

Los estudios de edad y crecimiento para poblaciones de

trucha arcoiris en Norteamérica han sido compilados por Carlander (1969), siendo los más importantes por su proximidad geográfica con el área que aquí nos ocupa, los de Needham y Vestal (1938), Reimers et al. (1955), y Knapp y Dudley (1990).

Needham y Vestal (1938), estudiaron el crecimiento somático de la trucha dorada (*Salmo aqua-bonita*, ahora conocida como *O. mykiss aguabonita*, cf., Behnke, 1992) transplanteda en dos lagos de High Sierra, California, previamente exentos de peces (Lagos Bright Dot y Bighorn); en ambos lagos las truchas demostraron altas tasas de crecimiento. Las truchas del Lago Bright Dot alcanzaron una longitud total promedio de 8.3 pulgadas (211 mm) aproximadamente dos años después de la transplantedación; mientras que las del Lago Bighorn alcanzaron 5.01 pulgadas (130 mm) ligeramente después de un año. Reimers et al. (1955), analizaron la estructura de edad y tasas de crecimiento somático de poblaciones de trucha arcoiris en tres lagos de la cuenca del Arroyo Convict, California, E.U.A.; cuatro clases de edad (I-IV años) fueron reconocidas en el Lago Dorothy, tres para el Lago Convict (I-III), y cinco (I-IV) para el Lago Mildred. Las tasas de crecimiento somático fueron mayores para las truchas del Lago Convict, debido a la mayor duración de los factores abióticos óptimos para el crecimiento (temperatura y período libre de hielo). Por su parte, Knapp y Dudley (1990), correlacionaron las tasas de crecimiento somático, factor de condición, y densidad de individuos de la trucha dorada *Oncorhynchus aguabonita* (= *O. mykiss aguabonita*) con las características bióticas y abióticas

en 17 arroyos de la región Kern Plateau, Sierra Nevada, California. El crecimiento registró una correlación positiva con la cantidad de vegetación acuática, cantidad de vegetación de los bancos, estabilidad de la morfología del canal del arroyo, y altitud; asimismo, en aquellos sitios donde fueron registradas altas densidades de truchas, se observaron bajas tasas de crecimiento de los individuos. La edad máxima registrada fue de 9 años (un ejemplar de 161 mm LP), aunque truchas de 6 a 7 fueron relativamente comunes.

Existen muchos casos documentados donde el crecimiento de las truchas (p.ej., trucha apache *O. gilae apache*, trucha garganta cortada *O. clarki* spp., trucha gila *O. gilae gilae*, y trucha arcoiris *O. mykiss* spp.) es bastante mayor en condiciones lacustres en comparación con las condiciones de arroyo (cf., Carlander, 1969; Behnke y Zarn, 1976; Rinne, 1988, 1990; Pister, 1991; Behnke, 1992), debido a las condiciones ecológicas más favorables del habitat lacustre, como son su mayor productividad (disponibilidad de alimento), baja interacción competitiva con otras especies, y la tendencia de las truchas hacia la piscivoría.

La longevidad de la mayoría de la truchas nativas del oeste de Norteamérica en los diversos tipos de ambientes, es de 6 a 7 años (Behnke, 1992), aunque registros mayores a éstos son generalmente raros (Carlander, 1969; Behnke, 1992). En habitats de arroyos han sido registradas edades máximas de 7 años en *O. mykiss* spp. (Greeley, 1933), 10 años en *O. clarki* spp.

(Carlander, 1969), 9 años en *O. mykiss aguabonita* (Knapp y Dudley, 1990) y *O. mykiss irideus* (Sumner, 1948), 6 en *O. mykiss gilae* (Carlander, 1969; Rinne, 1991), y 4 en *O. mykiss nelsoni* (Snyder, 1926; Ruiz-Campos, 1991a).

El factor de condición de Fulton ( $K = W/L^3$ ) ha sido utilizado en las especies que exhiben un crecimiento isométrico ( $b = 3.0$ ), como un indicador del cambio en la robustez o corpulencia de los individuos a través de su ciclo de vida (Le Cren, 1951; Lagler, 1978; Anderson y Gutreuter, 1983; Weatherley y Rogers, 1978; Weatherley y Gill, 1987; Cone, 1989). Dicho factor puede ser variable dependiendo de la especie, estación del año, condición biológica de los organismos (p.ej., tiempo y duración del ciclo reproductivo), y disponibilidad de alimento en el ambiente (Weatherley y Rogers, 1978).

En poblaciones de trucha arcoiris de la Sierra Nevada, California (E.U.A.), se han estimado valores promedio del factor de condición de Fulton ( $K_{LP}$ , utilizando longitud patrón) oscilando entre 1.27 y 1.64 (Reimers et al., 1955). En otros salmónidos como la trucha gila, el valor promedio del factor de condición de Fulton ( $K_{LT}$ , utilizando longitud total) varía entre 0.71 y 1.27 (Carlander, 1969); en la trucha dorada de 17 arroyos de la Sierra Nevada, California, el valor promedio de  $K_{LP}$  se encuentra entre 1.16 y 1.47 (Knapp y Dudley, 1990); y en la trucha garganta cortada de varias localidades del oeste de Norteamérica,  $K_{LP}$  promedio oscila entre 0.76 y 1.82 (Carlander, 1969).

En lo concerniente con la relación peso-longitud ( $W = aL^b$ ), se han calculado para trucha arcoiris valores de la pendiente (b) entre 2.589 y 3.340 (Carlander, 1969). En otras especies y subespecies de salmónidos de arroyo en Norteamérica, se han registrado valores de la pendiente (b) de: 3.140 para trucha gila (Regan, 1966 fide Carlander, 1969), 2.825 a 3.10 para trucha garganta cortada (Carlander, 1969), y 2.70 para trucha dorada (Knapp y Dudley, 1990).

## Hábitos y Ecología Alimenticia

### Descripción de la Dieta

La dieta de la trucha arcoiris ha sido bastante estudiada por diferentes autores en diferentes localidades de Norteamérica (Clemens, 1928; Metzelaar, 1928; Surber, 1937; Maciolek y Needham, 1951; Reimers et al., 1955; Jenkins et al., 1970; Elliott y Jenkins, 1972; Tippetts y Moyle, 1978; Richards y Soltz, 1986; Angradi y Griffith, 1990; Cirilo-Sánchez y Ruiz-Campos, 1987).

Considerando que los únicos estudios sobre los hábitos alimenticios de la trucha arcoiris de la Sierra San Pedro Mártir, B.C., fueron los realizados por Cirilo-Sánchez y Ruiz-Campos (1987), el punto de comparación se circunscribe con aquellos estudios sobre trucha arcoiris en diferentes localidades de Norteamérica, incluyendo aquellos en California, E.U.A., debido a su cercanía geográfica.

Metzelaar (1928) encontró que la dieta de la trucha

arcoiris en varios ríos de Michigan (E.U.A.), está constituida principalmente por insectos acuáticos (28.3%), crustáceos (23.9%), e insectos terrestres (12.8%).

Clemens (1928) estudió la dieta de tres especies de trucha (trucha de arroyo *Salvelinus fontinalis*, trucha café *Salmo fario* [= *Salmo trutta*], y trucha arcoiris *Salmo irideus* [= *Oncorhynchus mykiss*]) en los arroyos de Oneida County, New York (E.U.A.), registrando en todas ellas, una dieta compuesta básicamente de insectos acuáticos.

Surber (1937) analizó la alimentación de la trucha arcoiris en el Arroyo Big Spring, Virginia (E.U.A.), encontrando que ésta se compone principalmente de anfípodos (género *Gammarus*), ninfas de efemerópteros (género *Baetis*), coleópteros (*Scarabaeidae*), y larvas de dípteros (*Chironomidae*).

Maciolek y Needham (1951) analizaron los efectos de las condiciones invernales en la dieta de la trucha arcoiris y trucha café (*Salmo trutta*) en el Arroyo Convict, California (E.U.A.); y encontraron en los días más fríos ambas truchas consumieron una gran proporción de ninfas de efemerópteros y tricópteros, mientras que las larvas de dípteros dominaron las dietas en la mayor parte del invierno.

Reimers et al. (1955) analizaron la composición trófica de la trucha arcoiris en varios lagos de la cuenca Convict Creek, Sierra Nevada, encontrando una dieta dominada por larvas y pupas de quironómidos (*Chironomidae*).

Elliott y Jenkins (1972) describieron la dieta durante un

ciclo anual en la Sierra Nevada, registrando una mayor proporción de larvas de quironómidos, copépodos, cladóceros, y bivalvos. En primavera y verano, las larvas de quironómidos y el zooplancton dominaron la dieta, en cambio en otoño fue dominada por formas adultas de dípteros y hemípteros.

Richards y Soltz (1986) caracterizaron los patrones alimenticios de trucha arcoiris en relación con la abundancia de presas bentónicas y de deriva en San Gabriel River, durante agosto y diciembre de 1977. Observaron en la dieta para agosto, una mayor proporción de presas de deriva; en cambio en la dieta de diciembre dominaron las presas bentónicas.

Cirilo-Sánchez y Ruiz-Campos (1987), analizaron de manera preliminar los contenidos estomacales de 55 truchas adultas, procedentes de tres colectas alocrónicas (15 de octubre 1982, 28 de octubre 1983, y 18 de junio 1984) en el Arroyo Santo Domingo, sección oeste de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, y encontraron una dieta básicamente insectívora, dominada por larvas de tricópteros y odonatos.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### Composición de la Dieta con la Talla

Estudios comparativos de la dieta de trucha arcoiris en relación a la talla, han sido realizados por Metzelaar (1928), Reimers et al. (1955), y Tippets y Moyle (1978).

Metzelaar (1928) comparó la dieta de dos clases de talla de la trucha (I= 178-431 mm y II= 432-711 mm). La clase I consumió una mayor proporción de insectos acuáticos (44.6%) e insectos

terrestres (18.6%), mientras que la clase II consumió principalmente cangrejos de río (43.3%) y peces (23.9%).

Reimers et al. (1955) registraron diferencias alimenticias entre clases de talla de la trucha en varios lagos de la cuenca del Arroyo Convict, California. Las truchas  $\leq 165$  mm LP incluyen en su dieta una mayor biomasa de pupas de dípteros (38.8%) y de anfípodos (*Gammarus*, 36.3%); en cambio en las truchas de mayor tamaño ( $>270$  mm LP), dominaron de manera significativa los anfípodos (51.1%).

Tippets y Moyle (1978) analizaron la dieta de la trucha en relación a la composición de invertebrados epibentónicas y de deriva, en el Río McCloud, California. Las truchas de edad 0 (60-100 mm LP) se alimentaron principalmente de una pequeña variedad de invertebrados acuáticos (Chironomidae, Baetidae, y Simuliidae) con altas tasas de deriva y abundancia. Las truchas de edad 1+ (125-180 mm LP) consumieron una gran variedad de invertebrados acuáticos y de insectos alados y terrestres, sobresaliendo Chironomidae, Baetidae, y Rhyacophilidae. Las truchas adultas de edad 2+ (190-360 mm LP), consumieron una gran variedad de invertebrados acuáticos y terrestres, entre los que destaca el tricóptero Limnephilidae.

### Cronología y Estrategia Alimenticia

La cronología alimenticia de la trucha arcoiris ha sido estudiada por varios autores (Jenkins, 1969; Tanaka, 1970; Jenkins et al., 1970; Bisson 1978; Tippets y Moyle, 1978;

Richards y Soltz, 1986; Angradi y Griffith, 1990). Opiniones contrastantes han surgido en relación a la actividad alimenticia de esta especie, ya que algunos autores señalan que es principalmente nocturna (Jenkins 1969; Tanaka, 1970; Jenkins et al., 1970; Beauchamp, 1990); otros que es principalmente diurna (Bisson, 1978; Tippetts y Moyle, 1978; Angradi y Griffith, 1990); y otros que es similar tanto en el día como en la noche (Richards y Soltz, 1986).

La estrategia de alimentación de la trucha arcoiris ha sido considerada por décadas como generalista, consumiendo las presas en relación a su abundancia (p.ej., la mayoría de los estudios citados aquí; Ware, 1972); sin embargo estudios recientes basados en las reglas generales de forrajeo óptimo en peces (Townsend y Winfield, 1987) han demostrado una dieta selectiva (Bisson, 1978; Bryan y Larkin, 1972; Angradi y Griffith, 1990).

La relación entre el tamaño de presa consumida y el tamaño de boca de la trucha arcoiris, fue analizada por Hartman (1958) en experimentos de laboratorio con juveniles del Arroyo Loon, British Columbia (Canadá). Utilizó tres tipos de presas (larvas de tricópteros, ninfas de plecópteros, y frezas de trucha) cada una de diferentes tamaños, encontrando una relación directa entre el tamaño de freza consumida y el tamaño de boca de los juveniles de trucha, debido a su mayor facilidad de ingestión en contraste con los otros tipos de presa, lo cual indica que la ingestión de la presas es dependiente del tamaño y morfología de las mismas.

Galbraith (1967) analizó el tamaño de presas de zooplancton

consumido por la trucha arcoiris y la perca amarilla (*Perca flavescens*), en dos lagos de Michigan (E.U.A.), y lo comparó con el tamaño del zooplancton de la zona limnética. Ambas especies fueron muy selectivas en el tamaño de presa consumida, y generalmente ingirieron pulgas de agua (*Daphnia*) mayores de 1.3 mm, denotando poco consumo sobre otros tipos de presas zooplanctónicas abundantes en los lagos. Asimismo, no encontraron una significativa relación entre la longitud del pez y el tamaño de *Daphnia* consumida.

#### d. Hábitos Reproductivos

Los hábitos reproductivos de la trucha arcoiris han sido estudiados en diversas localidades de Norteamérica (cf., Carlander, 1969, para una revisión; Islam, 1973; Kato, 1975; Knapp y Dudley, 1990; Kwain, 1971; Titarev, 1975; Whitehead et al., 1978; Naevdal et al., 1979; Takashima et al., 1980; Sumpter et al., 1984; Billard, 1992). Sin embargo, para la subespecie *O. mykiss nelsoni* de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, aún no se conocen. Por tal motivo, los antecedentes se circunscriben a lo conocido para otras subespecies o stocks de trucha arcoiris.

#### Madurez Sexual

La trucha arcoiris tiene un ciclo reproductivo anual, en la cual los primeros signos de incremento de actividad hormonal y desarrollo de oocitos ocurren 12 meses antes de la ovulación

(Hume, 1955; Sumpter et al., 1984).

La edad y talla de primera madurez sexual en la trucha arcoiris al igual que en otros salmónidos, es variable entre y dentro de las poblaciones (Thorpe, 1989; Behnke, 1992). McAfee (1966 *fide* Titarev, 1975) registró la edad de primera madurez sexual desde 1 a 5 años en poblaciones silvestres, con una longevidad de 7 a 11 años. Kwain (1971) estableció que esta trucha alcanza su madurez sexual entre los 2 y 5 años de edad, generalmente a los 2 y 3 años; sin embargo, Oota et al. (1965) y Yamamoto et al. (1965) han señalado que la madurez sexual se registra desde el primer año de vida.

Se sabe que los machos de trucha arcoiris pueden alcanzar su primera madurez sexual desde los 9 meses (van Someren, 1939) hasta los 2 años (Greeley, 1933; Hartman, 1959; Kwain, 1971). El ejemplar macho más pequeño que se ha registrado como sexualmente maduro es de 170 mm (Carlander, 1969). Con respecto a las hembras, éstas se reportan maduras desde los 22 y 24 meses de edad (Moore, 1937; Kato, 1975; Rounsefell, 1957; Nicholls, 1958; Allen y Sanger, 1960; Naevdal et al., 1979) hasta los 4 años (Hartman, 1959). La hembra madura más pequeña que ha sido determinada es de 239 mm (Carlander, 1969).

### Fecundidad y Desove

En relación a la fecundidad o número de ovocitos producidos por hembra en cada desove, es variable entre las especies de salmónidos (Rounsefell, 1957, 1962; Behnke, 1992) y entre

poblaciones de una misma especie (Bagenal, 1978; L'Abée-Lund y Hindar, 1990). Dichas variaciones en la fecundidad de los salmónidos han sido referidas a tener una relación directa con la longitud (Rounsefell, 1957, 1962, y Carlander, 1969; Kato, 1975; Bromage et al., 1990; L'Abée-Lund y Hindar, 1990; Smith, 1991), el peso (Rounsefell, 1957, 1962; Carlander, 1969; Islam et al., 1973; Bromage et al., 1990) y la edad del pez (Rounsefell, 1957, 1962; Carlander, 1969; Taube, 1976).

La fecundidad relativa en las especies de truchas del oeste de Norteamérica varía de ~ 1,200 a 3,200 ovocitos por kilogramo de peso corporal, y la fecundidad total -ovocitos por hembra- incrementa con la longitud del pez, pero la fecundidad relativa tiende a disminuir en los organismos más grandes y de mayor edad, debido a que los ovocitos son más grandes (Behnke, 1992).

En el caso de la trucha arcoiris, existen diferentes estudios que demuestran una relación directa entre la fecundidad y las variables de longitud, peso, y edad de los individuos. Una relación de este tipo entre la fecundidad y la longitud del pez fue encontrada por Donaldson y Olson (1955), quienes observaron un aumento de 230 ovocitos por cada pulgada de incremento en longitud. Relaciones similares han sido también registradas en trucha arcoiris para el peso (Allen y Sanger, 1960; Islam et al., 1973; Bromage et al., 1990) y edad de los individuos (Donaldson y Olson, 1955).

El tamaño del ovocito en la mayoría de los salmónidos fluctúa ampliamente entre las hembras y dentro de éstas

(Rounsefell, 1957; Galkina, 1962). Lo anterior es debido a las características de la gametogénesis, como ha sido observado en los ovocitos del salmón del Atlántico (*Salmo salar*), los cuales pueden alcanzar la maduración cuando la vitelogénesis está en diferentes grados de evolución (Sakun, 1966).

Se ha demostrado que las condiciones desfavorables de alimentación en las truchas hembras, causan una reducción en la fecundidad pero no en el tamaño del ovocito (Galkina, 1962). Rounsefell (1957), en su estudio compilativo sobre fecundidad en salmónidos de Norteamérica, presenta datos del tamaño promedio de los ovocitos para varias especies.

El diámetro promedio de ovocito para trucha arcoiris de Scott Creek, California (E.U.A.), es de 5.5 mm (Shapovalov y Taft, 1954). Otros autores como Billard (1990), mencionan rangos promedios de 3.5 a 5.5 mm.

Al igual que la fecundidad, el tamaño del ovocito registra una relación directa con la longitud (Bromage et al., 1990) y peso (Islam et al., 1973) de la hembra de trucha arcoiris; aunque existen algunos casos donde parecen ser independientes de las variables somáticas antes descritas (Galkina, 1962).

La época de desove en la mayoría de las poblaciones de trucha arcoiris residentes (no anadromas) ocurre generalmente de febrero a junio, aunque en algunas áreas puede iniciarse antes o retardarse hasta julio o agosto (Smith, 1991). Behnke (1992) menciona que la trucha arcoiris generalmente desova en la primavera, sin embargo el desove puede presentarse entre

diciembre y enero hasta mayo y junio en varias partes de su rango distribucional. En California (E.U.A.), el desove se presenta entre febrero y abril (Agersborg, 1934 fide Carlander, 1969).

Needham (1938), hizo referencia de que la trucha arcoiris del Arroyo Santo Domingo, Sierra San Pedro Mártir, probablemente desova entre enero y febrero, basado en observaciones de juveniles durante mayo de 1937.

#### e. Movimiento Poblacional

##### Ambito casero y Territorio

El estudio del movimiento poblacional juega un papel importante en el aprovechamiento y manejo de los stocks pesqueros, ya que permite conocer los patrones de movimiento, áreas de territorialidad, y época de migración de los individuos (Cargill, 1980). La influencia de factores ambientales (bióticos y abióticos) sobre el ámbito casero de los peces, es de gran importancia en los procesos de estabilidad de la densidad poblacional y en el comportamiento social de los individuos en relación al habitat (Lewis, 1969).

El ámbito casero, del cual forma parte el territorio, se define como el espacio donde normalmente se desplaza un individuo (Gerking, 1959); el cual varía dependiendo de la especie y de las características ecológicas del ambiente (Newman, 1956; Bjornn, 1971).

Un comportamiento común en los salmónidos que habitan ríos y arroyos, es la tendencia a formar áreas de territorialidad

(Gerking, 1953, 1959; Kalleberg, 1958; Keenleyside y Yamamoto, 1962; Allen, 1969). Estos territorios son pequeños espacios en los arroyos que son ocupados y defendidos por un mismo individuo, por lo menos tres años ó de por vida (Allen, 1951; Miller, 1954, 1957; Cargill, 1980), y cuya magnitud es variable según la especie (Newman, 1956). Opiniones diversas han surgido en relación a los factores que inducen la territorialidad en los peces salmónidos: disponibilidad de alimento (McNicol et al., 1985; Puckett y Dill, 1985), disponibilidad de alimento y sustrato (Keenleyside y Yamamoto, 1962; Wankowski y Thorpe, 1979; Bachman, 1984), disponibilidad de alimento y competencia (Slaney y Northcote, 1974; McNicol y Noakes, 1984; Puckett y Dill, 1985), factores estructurales del habitat (MacCrimmon, 1954; Gibson y Keenleyside, 1966; Gibson y Power, 1975), incremento de protección (Tarzwell, 1937; Shetter et al., 1946; Saunders y Smith, 1962), y como una estrategia reproductiva para defensa de sitios de desove (Balon, 1975).

Una tendencia de permanencia de los individuos por sitios particulares en los arroyos, ha sido registrada para varias especies de trucha, tales como en la trucha garganta cortada (*Oncorhynchus clarki*; Miller, 1954) y la trucha café (*Salmo trutta*; Allen, 1951).

En relación al tamaño del ámbito casero en salmónidos, se han estimado ámbitos promedio desde 15.6 m<sup>2</sup> (Bachman, 1984) hasta 40 a 50 m<sup>2</sup> (Hesthagen, 1990) para trucha café; <18.2 m para trucha garganta cortada (Miller, 1957), 165 m para trucha

arcoiris (Cargill, 1980), 10 m para la trucha gila (*Oncorhynchus gilae gilae*; Rinne, 1982), y 36 m<sup>2</sup> para el salmón del Atlántico (Saunders y Gee, 1964).

### Relación del Ambito Casero y el Habitat

La familia Salmonidae, con formas anadromas y no anadromas (residentes) se desplazan durante las estaciones de otoño, invierno y primavera, en muchos arroyos de la región holártica; algunos de ellos regresan río arriba en primavera y principios de verano (Bjornn y Mallet, 1964), y algunos otros lo hacen río abajo durante otoño, invierno, y primavera (Chapman y Bjornn, 1969).

Estos desplazamientos estacionales pueden estar relacionados con algunas características ecológicas del habitat y de la biología de los organismos, como son: temperatura, velocidad de la corriente, fisiografía del arroyo, disponibilidad de alimento y sustrato, densidad poblacional, y comportamiento reproductivo. Los criterios para identificar cual de esos factores es el principal responsable de los desplazamientos en salmónidos, varía de acuerdo a los requerimientos ecológicos de cada especie y de las características bióticas y abióticas particulares de cada localidad (Bjornn y Reiser, 1991). Por ejemplo, la temperatura ha sido considerada como el principal factor causal del desplazamiento en la trucha arcoiris (Smith, 1963; Chapman y Bjornn, 1969), y otros salmónidos (Hoar, 1954; Smith y Saunders, 1958). Otros autores consideran que los

factores implicados en la selección de sitios de desove en la trucha arcoiris y la trucha café, son la velocidad de corriente y la profundidad (Smith, 1973; Shirvell y Dungey, 1983; Grost et al., 1990).



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

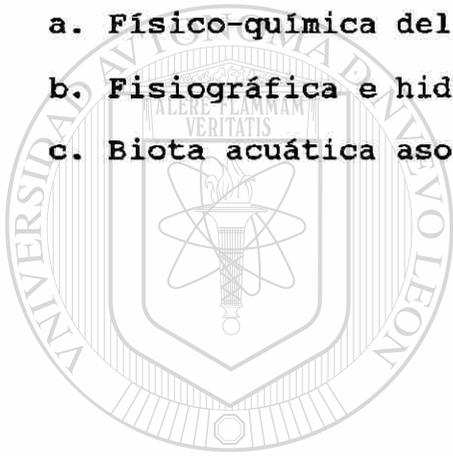
### III. OBJETIVOS

**Objetivo General.** Determinación de la bionomía y ecología poblacional de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann) de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

#### **Objetivos Particulares**

1. Determinación de la distribución espacial y altitudinal.
2. Análisis de crecimiento somático y relaciones biométricas.
  - a. Crecimiento en peso y longitud
  - b. Relación peso-longitud
  - c. Factor de condición
3. Determinación de la estructura poblacional.
  - a. Composición por talla
  - b. Composición por edad
  - c. Proporción sexual
4. Descripción cualitativa y cuantitativa de los hábitos alimenticios.
  - a. Composición trófica global y estacional
  - b. Composición de la dieta por clases de talla
  - c. Relaciones tróficas entre clases de talla
  - d. Relación tamaño de presa y tamaño de boca de la trucha
  - e. Estrategia de utilización de recursos presa
5. Determinación de los hábitos y ecología reproductiva.
  - a. Talla y edad de primera madurez sexual
  - b. Índice gonadosomático

- c. Fecundidad absoluta y relativa
- 6. Determinación del ámbito casero y su relación con el habitat
  - a. Tamaño del ámbito casero
  - b. Ambito casero estacional y su relación con la talla
  - c. Correlación del tamaño del ámbito casero y las características ecológicas del habitat
  - d. Densidad de truchas por unidad de área
- 7. Caracterización ecológica del habitat.
  - a. Físico-química del agua
  - b. Fisiográfica e hidrométrica
  - c. Biota acuática asociada



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



#### IV. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

##### Geomorfología

La Sierra San Pedro Mártir (SSPM), Baja California, es la formación batolítica más alta dentro del Rango Peninsular, éste último comprendido desde el sur de California, E.U.A. hasta el extremo sur de la península de Baja California, México (O'Connor y Chase, 1989). El Picacho del Diablo es el punto más alto de SSPM (3,095 m); La SSPM está delimitada al Este por un escarpamiento o escalón que supera los 2,500 m, y que la separa de las cuencas de Valle Chico y Valle San Felipe que forman parte de la llamada depresión del Golfo; al norte ésta sierra colinda con la Falla de Agua Blanca; la parte occidental de bajo relieve de SSPM presenta una inclinación con dirección al Océano Pacífico (O'Connor y Chase, op. cit.; Barajas 1991). Hamilton (1971 *fide* O'Connor y Chase, 1989), ha considerado el escarpamiento de la cara oriental de SSPM como uno de los más imponentes de Norteamérica, ya que en un intervalo de 8 Km desciende de 3,095 m hasta aproximadamente 550 m (Delgado-Argote, 1991).

Evidencias geológicas indican que el levantamiento del batolito o plutón de SSPM hasta su posición topográfica actual, se inició hace aproximadamente 14 millones de años, debido a un evento tectónico de gran escala que afectó todo el margen Pacífico del noroeste de México y que originó un cambio en límite y en la dirección del movimiento relativo entre la Placa del Pacífico y la de Norteamérica (Gastil et al., 1979; Barajas,

1991).

Las rocas ígneas que componen el batolito de SSPM son principalmente de tipo granodioritas y tonalitas (Gastil et al., 1975; INEGI, 1982).

### Geohidrología

La mayoría de las cuencas hidrológicas de Baja California son de naturaleza granítica y los acuíferos se localizan en leptoclasas, combinadas con diaclasas, que extienden los acuíferos en las cuencas inmediatas, estableciendo un perfil "b" común. Las cuencas exocriptoreicas o panexoreicas abarcan todo el macizo continental peninsular (Blásquez, 1959).

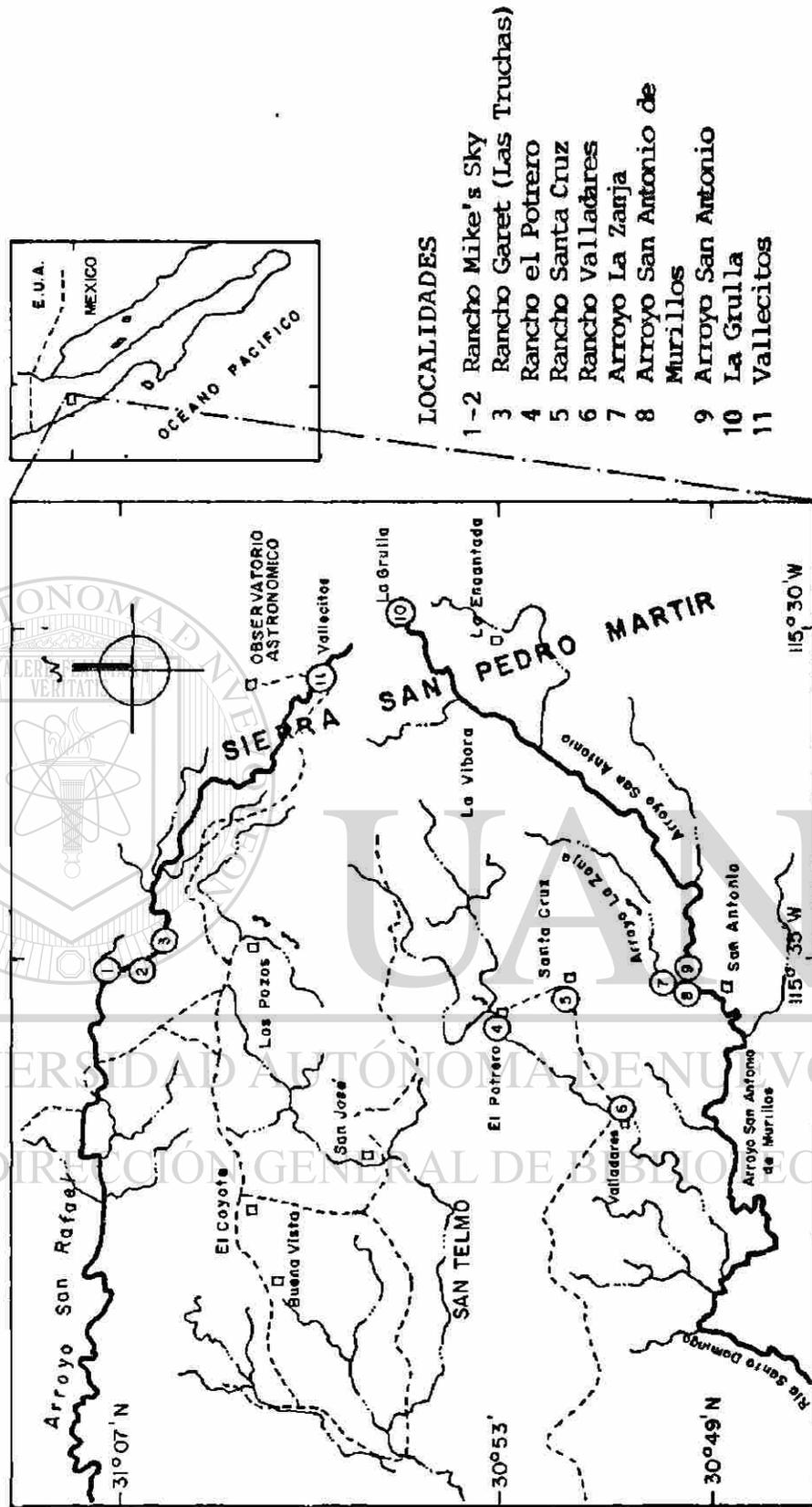
En la región noroccidental de Baja California, las cuencas panexoreicas de los arroyos San Rafael, San Telmo, Santo Domingo, Rosarito, y El Rosario, contribuyen con sus recursos que, en conjunto, llegan a  $10.2 \text{ m}^3/\text{seg.}$  a la alimentación de los receptáculos más definidos en la planicie costera, comprendida entre San Isidro y El Rosario, incluyendo San Quintín (Blásquez, op. cit.)

En relación a la hidrología superficial de SSPM, ésta se caracteriza por una serie de corrientes intermitentes que drenan las áreas de clima mediterráneo (lluvias de invierno), las cuales se vuelven criptoreicas en sus partes próximas a la desembocadura al Océano Pacífico. Dichas partes, presentan avenidas cuando algún ciclón recorre o cruza la península (Tamayo, 1962; Tamayo y West, 1964).

Los arroyos principales que bajan de SSPM con dirección al Océano Pacífico, son de norte a sur: San Rafael, San Telmo, y Santo Domingo. El Arroyo San Rafael, tiene tres tributarios que son La Fresa, Vallecitos y Agua Zarca; en cambio, el Santo Domingo, cuya cuenca es la más importante, tiene como tributarios La Grulla, El Potrero, Valladares, Santa Cruz, La Zanja, y San Antonio de Murillos (Fig. 1; Ruiz-Campos, 1991a).

El Río Santo Domingo (conocido también como arroyo) recibe varios nombres a lo largo de su curso, siendo conocido en su cabecera como San Antonio, el cual al confluir con el Arroyo La Zanja recibe el nombre de San Antonio de Murillos, y finalmente es denominado Río Santo Domingo después de la confluencia con el Arroyo Valladares (INEGI, 1982).

Los valles fluviales son topográficamente en forma de "v" y se caracterizan por una pendiente relativamente pronunciada, permitiendo la formación de sistemas lóticos o de rabiones, permitiendo poco depósito de materia orgánica en el fondo de los arroyos y el afloramiento evidente de un sustrato compuesto de arena y grava de naturaleza granítica (Ruiz-Campos, 1991b). Respecto a la profundidad de los arroyos, la mayoría son bastante someros y no sobrepasan los 0.5 m, aunque algunas pozas pueden alcanzar una profundidad hasta de 1.5 m abajo de las pequeñas cascadas, las cuales son formadas por la discontinuidad del relieve topográfico del lugar (Ruiz-Campos, 1991a).



ESCALA 1: 250 000

Figura 1. Ubicación geográfica de las localidades de muestreo en la Sierra San Pedro, Baja California, México.

## Climatología

El tipo de clima que predomina en la SSPM es de tipo Csb' (García y Mosiño, 1968), es decir, sub-húmedo con precipitación principalmente invernal; semifrío, con temperatura media anual del orden de 7°C y con promedio de rango diario del orden de 10°C (Alvarez y Maisterrena, 1977). Su clima es caracterizado por una precipitación promedio anual del orden de 400 mm, con máximos durante algunos años de más de 1000 mm, como por ejemplo los años de 1978, 1983, y 1991 (Reyes-Coca y García-López, 1991). El origen de las lluvias es de tipo orográfico, causadas por tormentas tropicales que entran al Golfo de California o del Océano Pacífico; o bien causadas por frentes fríos de tormenta que se originan en el Golfo de Alaska, que se mueven en dirección sureste (Alvarez, 1985).

En lo concerniente a la temperatura ambiental, ésta presenta un amplio rango anual y diario, con mínimos hasta de -12°C durante los meses de invierno (Yruretagoyena-Ugalde, 1992) y máximos de 35°C en el verano (Reyes-Coca y García-López, op. cit.).

## Vegetación

Dentro de la SSPM se reconocen dos tipos principales de vegetación, atendiendo a las características fisionómicas, florísticas y ecológicas, los cuales son el chaparral de montaña y el bosque de coníferas (Wiggins, 1980; Delgadillo-Rodríguez, 1992).

El chaparral de montaña se encuentra a partir de los 700 m de altitud hasta los límites de los bosques de coníferas, donde la mayoría de las veces puede penetrar en el bosque formando parte de los estratos inferiores y del sotobosque. Las especies dominantes son *Adenostoma fasciculatum*, *A. sparsifolium*, *Ceanothus greggii*, *Quercus dunnii*, *Q. dumosa*, *Q. peninsularis*, *Artemisia tridentata*, *Arctostaphylos glauca*, *Juniperus californica*, *Yucca schidigera*, *Berberis higginsae*, *Garrya veatchi*, *G. gricea*, *Rhamnus californica*, *Rhamnus insularis*, *Rhus ovata*, *R. trilobata*, y *Amorpha fruticosa* (Delgadillo-Rodríguez, 1992).

El bosque de coníferas, por lo general arriba del chaparral, conforma el piso de mayor altitud, entre los 1,200 y 2,800 m. Las especies dominantes son *Pinus jeffreyi*, *P. lambertiana*, *P. murrayana* y *Abies concolor*. En los límites con el chaparral de montaña, ocurren principalmente *Pinus quadrifolia* y *P. edulis*; en cambio, en la vertiente oriental en los límites con la vegetación desértica, destaca *Pinus monophylla* (Delgadillo-Rodríguez, op. cit.).

La vegetación asociada a los arroyos de la SSPM, forman el componente ripario, donde es posible distinguir formas arbóreas como *Populus fremontii*, *P. tremuloides*, *Platanus racemosa*, *Salix lasiolepis*, *Quercus agrifolia*, *Prosopis glandulosa*, y *Acacia greggii*; formas arbustivas como *Rhus ovata*, *Clematis lasiantha*, *Salvia vaseyi*, *Baccharis sarathroides*, y *B. glutinosa*; y formas herbáceas como *Nasturtium officinale*, *Juncus acutus*, *Haplopappus*

*venetus*, *Apium graveolens*, y *Mentha arvensis*. En lo referente a las macrófitas acuáticas de SSPM, destacan aquellas como *Typha dominguensis*, *Scirpus acutus*, *Eleocharis acicularis*, *Cyperus laevigatus*, *Sagittaria cuneata*, y *Lemna gibba* (Delgadillo-Rodríguez op. cit.).

### Fauna de Vertebrados

Herpetofauna. La fauna herpetológica de la región de la Sierra San Pedro Mártir, está representada por 65 especies, de las cuales dos pertenecen al orden Caudata, nueve a Salientia, una a Testudinata, 30 a Sauria, y 26 a Serpentes (Welsh, 1988). Varias especies destacan por su distribución en los ambientes riparios y acuáticos de SSPM (Welsh op. cit.), tales como el sapo de California "California Toad" (*Bufo boreas halophilus*), la rana de patas rojas de California "California Red-legged Frog" (*Rana aurora draytoni*), la tortuga de poza del Pacífico "Pacific Pond Turtle" (*Clemmys marmorata*), los lacertidios "Great Basin Fence Lizard" (*Sceloporus occidentalis biseriatus*) y "San Diego Alligator Lizard" (*Elgaria multicarinata webbi*), la culebra de San Pedro Mártir "San Pedro Mártir Garter Snake" (*Thamnophis elegans hueyi*), la culebra de dos rayas "Two-striped Garter Snake" (*Thamnophis hammondi*), y la serpiente de cascabel sureña del Pacífico "Southern Pacific Rattlesnake" (*Crotalus viridis helleri*).

Avifauna. Dentro del componente aviar de los habitats de bosque de coníferas de la SSPM, destacan alrededor de 17 especies que se reproducen en el área (Kratter, 1991), de las cuales cinco son subespecies endémicas (Grinnell, 1928; Kratter, 1991, 1992) tales como: Codorniz de montaña "Mountain Quail" (*Oreortyx pictus confinis*), carpintero velludo "Hairy Woodpecker" (*Picoides villosus hyloscopus*), paro de montaña "Mountain Chickadee" (*Parus gambeli atratus*), saltapalo enano "Pygmy Nuthatch" (*Sitta pygmaea leuconucha*), y el carbonero oregonense "Dark-eyed Junco" (*Junco hyemalis townsendi*).

Mastofauna. Aproximadamente 57 especies de mamíferos son conocidos a ocurrir en la SSPM (Huey, 1964; Mellink, 1991), de las cuales tres pertenecen al orden Insectivora, 17 a Chiroptera, tres a Lagomorpha, 22 a Rodentia, diez a Carnivora, y dos a Artiodactyla. De valor biogeográfico debido a su carácter endémico, sobresalen dos especies y cinco subespecies, que son: el topo (*Scapanus latimanus anthonyi*), los ratones (*Microtus californicus hyperythrus*, *Chaetodipus californicus mesopolius*, y *Peromyscus truei martirensis*), el murciélago (*Myotis milleri*), y las ardillas (*Tamiasciurus mearnsii* y *Eutamias obscurus obscurus*).

## V. MATERIAL Y METODOS

### Muestreo de Truchas

Para el muestreo de truchas se efectuaron un total de 34 expediciones de colecta a diferentes localidades de la pendiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California (Fig. 1), durante enero 1987 a marzo 1993. El número de expediciones de colecta para cada una de las localidades antes citadas, es el siguiente: Arroyo San Rafael (21), Arroyo El Potrero (2), Arroyo Santa Cruz (3), Arroyo La Grulla (3), Arroyos San Antonio de Murillos, San Antonio, y La Zanja (3), Arroyo Vallecitos (1), y Arroyo Valladares (1). El Arroyo San Rafael fue el sitio donde se realizó el mayor número de colectas debido a su mayor accesibilidad, y donde se obtuvo la mayor cantidad de especímenes para el análisis bioecológico y poblacional de esta subespecie. El resto de las localidades, particularmente La Grulla y San Antonio, fueron muestreadas con menor frecuencia debido a su difícil acceso.

En cada localidad de muestreo las truchas fueron colectadas con un equipo de electropesca (120 V corriente alterna) en transectos de 100 metros a lo largo del arroyo. Para las localidades de difícil acceso (La Grulla y San Antonio), las truchas fueron colectadas con caña de pescar y redes de mano.

Los ejemplares recién colectados fueron medidos (longitud patrón en milímetros, mm LP), y pesados (gramos) en el campo, donde fueron seleccionadas submuestras para el análisis bionómico y para los experimentos de marcaje-recaptura. Asimismo, se

tomaron muestras de escamas de todos los ejemplares colectados para la determinación de la edad.

El material íctico destinado para el análisis bionómico (e.g., alimentación, edad, y crecimiento) fue fijado en el campo en formaldehído 10% (neutralizado con borato de sodio) y colocado individualmente en bolsas de plástico microperforadas, con sus respectivos datos de colecta. Después de siete días los ejemplares fueron colocados en agua corriente durante 1 día y posteriormente transferidos a alcohol isopropílico 50%.

#### Edad y Crecimiento

La edad de los ejemplares fue determinada por la interpretación de anillos de crecimiento anual en escamas, debido a que ésta estructura anatómica ha sido validada (Cooper, 1951; Alvord, 1954) y recomendada para la determinación de edad en salmónidos (Reimers et al., 1955; Jearld, 1983). Se tomaron muestras de escamas de la región axilar del cuerpo, ya que es uno de los sitios donde existe una menor posibilidad de encontrar escamas regeneradas (Lagler 1978; Bagenal y Tesch, 1978; Jearld, 1983). Las escamas removidas fueron colocadas en una solución de hidróxido de potasio 5% durante tres horas para eliminar restos de tejidos, y posteriormente fueron lavadas en agua destilada. Las escamas regeneradas (foco difuso) fueron descartadas. Cinco a seis escamas bien conformadas (foco concéntrico) fueron seleccionadas por ejemplar, y se colocaron inmersas en resina sintética entre dos portaobjetos. Las escamas fueron examinadas

en un microproyector Bausch & Lomb (10X) y en un sistema de microvideo adaptado a un microscopio estereoscópico.

En el análisis de edad de esta trucha, se consideró el criterio internacional que consiste en estandarizar la fecha de nacimiento de los peces del hemisferio norte, a ser el día 01 de enero (Hile, 1948; Jearld, 1983); ésto es, una zona de crecimiento de invierno que se está formando sobre el margen de la escama es designada como un anillo a partir del día 01 de enero, aunque todavía no esté completo. Los juveniles-del-año o de edad cero, son considerados cuando están en su primer año de vida, es decir, antes de cumplir su primer aniversario (1 de enero) y, donde sus estructuras calcáreas aún no presentan el anillo de lento crecimiento.

En cada localidad de colecta, la composición poblacional por talla y edad de la trucha, fue representada en el tiempo mediante histogramas de frecuencias. Para la composición por talla se consideró una amplitud de clase de 10 mm, la cual es recomendada para especies que alcanzan una longitud  $\leq 300$  mm (Anderson y Gutreuter, 1983).

Para describir el crecimiento somático de la trucha, se utilizaron dos modelos funcionales de crecimiento: (1) modelo de von Bertalanffy para crecimiento en longitud (Moreau, 1987), y (2) modelo de Gompertz para crecimiento en peso (Ricker, 1979); cuyos parámetros de crecimiento fueron calculados mediante el programa iterativo Fishparm (Saila et al., 1988), con el cual se obtiene el mejor ajuste de los mismos. Los modelos antes aludidos

se definen, en ese orden, como:

$L(t) = L_{\infty} ( 1 - \exp ( -\kappa [t - t_0] ) )$ ; donde:  $L(t)$ = longitud estimada al tiempo (t),  $L_{\infty}$  = longitud máxima o asintótica,  $\kappa$  = constante de crecimiento somático y,  $t$  = edad del pez al tiempo (t) y,  $t_0$  = tiempo hipotético en el cual el pez tiene una longitud igual a cero, el cual generalmente es negativo (Moreau, 1987).

$W(t) = W_0 \exp ( G ( 1 - \exp [-g t] ) )$ , donde:  $W(t)$ = peso estimado al tiempo (t),  $W_0$  = peso hipotético al tiempo  $t = 0$ ,  $G$  y  $g$ , la primera y segunda constante de crecimiento somático, respectivamente, y  $t$  = edad del pez al tiempo (t).

La relación peso-longitud de la trucha fue determinada por la ecuación de potencia (Ricker, 1975):  $W = a L^b$ , de nuevo con Fishparm; donde  $W$ = peso calculado (g),  $L$ = longitud patrón (mm),  $a$  y  $b$  son constantes de la regresión obtenidas a partir de los datos de peso y longitud observados. Para determinar si el crecimiento es de tipo isométrico ( $b= 3.0$ ) ó alométrico ( $b > 3.0$  ó  $b < 3.0$ ), se utilizó una prueba t Student's (Sokal y Rohlf, 1981).<sup>®</sup> Esta misma prueba fue aplicada para comparar las pendientes (b) entre sexos y ciclos anuales de muestreo.

El factor de condición fue calculado para todas las truchas colectadas, utilizando dos modelos diferentes: (1) factor de condición de Fulton (Anderson y Gutreuter, 1983)  $K_{LP} = W / L^3 * 100,000$ ; donde  $W$ = peso (g) y,  $L$ = longitud patrón (mm); y (2) factor de condición relativa (Le Cren, 1951)  $K_r = W / aL^b$ , donde  $W$ = peso (g),  $L$ = longitud patrón y,  $a$  y  $b$ , son constantes de la

regresión peso-longitud para la población en cuestión.

El primer modelo ( $K_{LP}$ ) fue utilizado con el propósito de comparar el valor promedio con lo registrado para otras subespecies de trucha de talla similar, dado que la mayoría de los estudios han utilizado este modelo y han asumido un crecimiento isométrico (Carlander, 1969). El segundo modelo ( $K_n$ ) fue utilizado para determinar la desviación del peso observado con relación al peso esperado de cada ejemplar, considerando que valores promedio de  $K_n = 1.0$  indican condiciones ecológicas y fisiológicas óptimas para la población (Anderson y Gutreuter, 1983). Dicho modelo es recomendado para aquellas especies que exhiben un crecimiento alométrico, es decir,  $b$  diferente de 3.0 (Le Cren, 1951; Weatherley y Gill, 1987).

Debido a que las constantes  $a$  y  $b$  de la relación longitud-peso pueden cambiar de un ciclo anual a otro (Le Cren, 1951); éstas fueron estimadas para cada caso particular, y posteriormente incorporadas al modelo de condición relativa ( $K_n$ ).

Los valores de  $K_n$  fueron comparados estadísticamente de manera particular, entre sexos, clases de edad, estaciones del año, y ciclos anuales; utilizando para ello una prueba de análisis de varianza de 1 vía (Sokal y Rohlf, 1981).

### Hábitos Alimenticios

Para el análisis cualitativo y cuantitativo de la dieta de la trucha, se revisó un total de 192 ejemplares colectados durante un ciclo anual (enero a diciembre de 1987) en el Arroyo

San Rafael, y 48 ejemplares colectados durante marzo, agosto, y septiembre de 1990 en el Arroyo La Grulla.

Los ejemplares fueron medidos (mm LP) y pesados (g) en el campo. Allí mismo, éstos fueron disecados desde la región anal hasta el istmo, donde inmediatamente fueron colocados de manera individual en bolsas de plástico microperforadas, con sus respectivos datos de colecta; enseguida fueron fijados en formaldehído 10% (neutralizado con borato de sodio). Después de siete días, las truchas se transfirieron en alcohol isopropílico 50%.

El material íctico preservado fue separado en cuatro clases de talla: I (30 a 55 mm LP), II (56 a 85 mm LP), III (86 a 125 mm LP), y IV ( $\geq 126$  mm LP).

El estómago de cada ejemplar fue extraído a nivel de esófago y esfínter pilórico, y su contenido fue lavado en una caja petri, donde los rubros alimenticios fueron identificados (a nivel de familia), contados, y medidos (precisión 0.01 mm). Solamente las presas completas fueron medidas, considerando la longitud corporal. En el conteo de las presas, las cabezas fueron consideradas como individuos, sin embargo otros fragmentos no identificables fueron considerados como material orgánico.

Varias medidas cuantitativas que describen la composición de la dieta, fueron calculadas como sigue: Porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO) del taxón presa  $j$ , fue calculado como el porcentaje de los estómagos que contienen el taxón presa  $j$ . Porcentaje numérico (%N) del taxón presa  $j$ , fue calculado como

el porcentaje del número total identificable del taxón presa  $j$  en todos los estómagos, y dividido por el número total de taxa presa identificables en todos los estómagos. Porcentaje de volumen (%V) del taxón presa  $j$ , fue basado en el volumen total identificable del taxón presa  $j$ , como una proporción del volumen total identificable de todos los contenidos estomacales. Debido a que las presas pequeñas y en bajo número tienden a flotar en un cilindro graduado y su volumen no puede ser adecuadamente medido, el porcentaje de volumen fue visualmente estimado de la proporción que ocupa cada taxón presa en una caja petri.

El índice de importancia relativa (IIR, Pinkas et al., 1971) fue calculado para cada uno de los taxa presa identificados, en donde se integran las tres medidas de la dieta antes descritas, como:  $IIR_A = (\%N + \%V) (\%FO)$ . Para propósitos comparativos, el valor absoluto de  $IIR_A$  de cada taxón presa fue expresado en porcentaje del total de los valores de  $IIR_A$  de todos los taxa presa identificados, como:  $\%IIR_A = [ IIR_A / \Sigma IIR_A ] * 100$

La similitud trófica entre las diferentes clases de talla de la trucha, asimismo en la composición estacional de la dieta, fue calculada con la ecuación de traslape de nicho de Schoener (1970), la cual de acuerdo a Wallace (1981), es la más adecuada en ausencia de datos de disponibilidad de presas. Esta se define:

$$\alpha = [1 - 0.5 \left( \sum_{j=1}^n |p_{xj} - p_{yj}| \right)] \times 100, \text{ donde } \alpha = \text{traslape trófico, } p_{xj} = \text{proporción del taxón presa } j (\%IIR_A) \text{ en la dieta del grupo } x \text{ (e.g., clase de talla ó estación del año } x), \text{ y } p_{yj} =$$

proporción del taxón presa  $j$  ( $\%IIR_A$ ) en la dieta del grupo y (e.g., clase de talla ó estación del año  $y$ ). La significancia del traslape ( $\alpha$ ) se consideró para valores  $\geq 60\%$  (0.60; Zaret y Rand, 1971).

La diversidad trófica (presas) fue calculada por estómago, utilizando una modificación del índice de diversidad de Shannon-Wiener, en base 2 (Pielou, 1975),  $H' = -\sum_{j=1}^n p_j \times \ln p_j$ , donde  $p_j$  fue el número actual de presas del taxón presa  $j$  en el estómago de cada pez ( $p_j = n_j / N$ ); donde  $n_j$  = proporción del taxón presa  $j$  con respecto al número total de presas en el estómago ( $N$ ), y  $s$  = número de taxa (tipos) presas en el estómago.

La correlación de Pearson ( $r$ , Sokal y Rohlf, 1981) fue calculada para determinar la relación del tamaño de boca de la trucha (medida a nivel de comisuras bucales) con respecto al tamaño promedio de cada presa por estómago. Asimismo, se calculó la correlación ( $r$ ) entre el tamaño de boca de la trucha y el tamaño promedio de todas las presas combinadas por estómago. Los dendrogramas de similitud trófica fueron elaborados con el método de agrupamiento por pares promediados (Davis, 1973).

Para determinar el tipo de estrategia alimenticia de la trucha, se realizaron muestreos simultáneos de ejemplares ícticos y de presas en el Arroyo La Grulla; dos modelos fueron utilizados para este propósito: (1) índice de amplitud de nicho trófico (NB; Levins, 1968),  $NB = [1/(R \times \sum p_j^2)]$ , donde:  $p_j$  = proporción del taxón presa  $j$  en la dieta de la trucha ( $\%IIR_A$ ), y  $R$  = número de

recursos (tipos) presa disponibles en el ambiente; y (2) índice de similitud proporcional (PS; Feinsinger et al., 1981):

$PS = 1 - [0.5 \sum |p_j - q_j|]$ , donde:  $p_j$  = proporción del taxón presa  $j$  en la dieta, y  $q_j$  = proporción de ese mismo taxón presa en el ambiente (%N). La asignación de la categoría trófica a la cual pertenece esta trucha, fue basada en aquellas descritas en Rachlin et al. (1989).

### Hábitos Reproductivos

Para la determinación de los hábitos reproductivos de la trucha fueron analizados un total de 269 ejemplares, los cuales fueron colectados de febrero 1988 a febrero 1989 en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir. El número de truchas colectadas por muestreo osciló entre 20 y 43, comprendiendo diferentes tallas y edades representativas de la población. En el campo, las truchas colectadas fueron medidas (mm LP) y pesadas (g), e inmediatamente colocadas en hielo ( $\sim 4^{\circ}\text{C}$ ) para su traslado al laboratorio.

En el laboratorio, los ejemplares fueron disecados para extraer las gónadas, donde cada una de éstas fue medida (precisión 0.01 mm) y pesada (precisión 0.1 mg). Asimismo, se registraron las características morfocromáticas de la gónada de cada ejemplar, así como el sexo y la etapa macroscópica de madurez sexual (tamaño de la gónada; Lagler, 1978), antes de ser fijadas en formaldehído 8% (neutralizado con fosfato de sodio). Los ejemplares disecados fueron fijados en formaldehído al 10%

(neutralizado con borato de sodio) y posteriormente preservados en alcohol isopropílico al 50%, con sus respectivos datos de colecta.

Las gónadas fueron primeramente tratadas con la técnica de decalcificación, para posteriormente ser sometidas a la técnica histológica convencional de hematoxilina-eosina (Tapia-Vázquez, 1984). Se prepararon diez laminillas por ejemplar, las cuales fueron analizadas con la ayuda de un microscopio óptico.

Para determinar la talla y edad de la trucha donde se presenta la primera madurez sexual, se seleccionaron 32 individuos considerados como inmaduros, con un rango de talla de 65.4 a 129.9 mm LP, los cuales no presentaron gónadas visibles al momento de ser disecados. Estos ejemplares fueron analizados histológicamente a través de cortes transversales seriados, desde la región pectoral anterior hasta la región donde se ubica la aleta dorsal, con el propósito de localizar la estructura que origina a la gónada (zona germinativa) y apreciar el inicio de su actividad gametogénica.

Se determinó la frecuencia de ejemplares maduros en cada intervalo de talla (amplitud de clase 10 mm), como también en las diferentes edades de la población.

El índice gonadosomático relativo ( $G_r$ ) fue calculado para cada ejemplar con la fórmula descrita por Legler (1977):

$$G_r = \text{peso de ambas gónadas combinadas (g)} \times 100 / W_s$$

donde:  $W_s$  = el peso estándar o esperado (g) para la longitud observada. Los valores de  $G_r$  serán relacionados respectivamente

con la talla, edad, sexo, y factor de condición.

### Fecundidad

Para la determinación de la fecundidad, se seleccionaron las gónadas de 24 truchas hembras correspondientes a los muestreos de noviembre y diciembre 1988, y enero 1989. Dichas gónadas presentaron características de la fase reproductiva, y ningún indicio de haber iniciado el desove.

Después de la fijación las gónadas fueron lavadas en agua para remover el exceso de fijador, para posteriormente efectuar la separación de los ovocitos. Debido a la facilidad de desprendimiento de los ovocitos en la gónada, no fue necesario aplicar el líquido de Gilson para la separación.

Para cada gónada se cuantificaron todos los ovocitos presentes (Lagler, 1978). Asimismo, para cada individuo se registró el número de ovocitos por gónada (izquierda y derecha) y en ambas gónadas combinadas. Simultáneamente se midieron 60 ovocitos por gónada, tanto izquierda como derecha, con la ayuda de micrómetro ocular adaptado a un microscopio estereoscópico.

Después del conteo, los ovocitos fueron preservados en alcohol etílico 60% y, colocados en frascos pequeños con sus respectivos datos.

Para determinar la fecundidad relativa (ambas gónadas combinadas) en función de la talla y el peso, se utilizó la regresión de potencia (Bagenal, 1978):  $F = aX^b$ , donde:  $F =$  fecundidad estimada (número de ovocitos por desove individual),

$x$  = talla, peso, y edad del pez;  $a$  y  $b$ , son constantes de la regresión. Las regresiones fueron calculadas con el programa Fishparm (Saila et al., 1988) y su significancia estadística fue comprobada con la correlación paramétrica de Pearson (Sokal y Rohlf, 1981).

El diámetro de los ovocitos fue correlacionado respectivamente con la talla, peso, edad, y fecundidad del pez. Para comparar el tamaño del ovocito entre ambas gónadas, se aplicó una prueba  $t$  de Student's (Sokal y Rohlf, 1981).

#### Caracterización Ecológica del Habitat

Las características limnológicas de los arroyos (e.g., fisiográficas, hidrométricas, físico-químicas, y bióticas) fueron determinadas en siete localidades de la Sierra San Pedro Mártir, B.C. (Fig. 1), de enero de 1989 a octubre de 1992.

En cada localidad de muestreo, se seleccionaron tres sitios representativos en el arroyo, los cuales fueron acotados para ser medidos posteriormente. En cada sitio o sección transversal del arroyo, se efectuaron mediciones de la anchura (precisión 0.01 m), profundidad (precisión 0.01 m), y velocidad de la corriente (precisión 0.01 m/s), éstas dos últimas fueron medidas a intervalos de 50 cm. La velocidad de la corriente fue medida con un correntímetro Swoffer.

La tasa de descarga o flujo del arroyo (Duff y Cooper, 1976) fue calculada para cada sitio del arroyo, como:

$Q = [a \times z \times v] (0.9)$ , donde  $Q$  = tasa de descarga ( $m^3/s$ ),  $a$  =

anchura promedio (m),  $z$  = profundidad promedio (m),  $v$  = velocidad promedio (m/s),  $y$  (0.9), es el factor de corrección por la fricción en sustratos de fondo arenoso.

Asimismo, en cada localidad de muestreo, se midieron las siguientes variables físico-químicas del agua: temperatura, oxígeno disuelto ( $O_2$ ), bióxido de carbono disuelto ( $CO_2$ ), potencial de iones hidrógeno (pH), dureza total (DT), dureza de calcio (Ca) y magnesio (Mg), silicatos (Si), fosfatos ( $PO_4$ ), y nitratos ( $NO_3$ ); las cuales fueron medidas con un equipo limnológico portátil Lamotte Chemical.

Una serie de tiempo de 24 horas en la medición de temperatura del aire y del agua, pH, y oxígeno disuelto, fue realizada el 2-3 de octubre y el 6-7 de diciembre de 1991, en el Arroyo San Rafael. Dichas variables fueron registradas a intervalos de 1 hora.

La densidad de presas de deriva y bentónicas fue cuantificada solamente para las localidades Arroyo San Rafael y Arroyo La Grulla. Las técnicas de obtención de muestras así como su cuantificación se detallan más adelante.

Se tomaron muestras de la vegetación acuática (macrófitas), las cuales fueron prensadas y llevadas al laboratorio para su identificación. De igual forma, se identificó en el campo las especies vegetales que conforman la vegetación riparia o de galería, así como la de los bancos de los arroyos.

### Movimiento Poblacional y Ambito Casero

Se efectuaron experimentos de marcaje-liberación-recaptura de truchas a través de un ciclo anual (octubre 1988 a diciembre 1989), en un segmento de 1 Km del Arroyo San Rafael (localidad Rancho Mike's Sky), Sierra San Pedro Mártir (Fig. 2). En dicho segmento de arroyo, se ubicaron tres transectos de muestreo de 100 m de longitud cada uno, en los cuales están representados los diferentes tipos de habitat y sustrato (e.g., pozas, rápidos, cascadas, y recodos; Fig. 2).

En el transecto I, las truchas fueron capturadas con caña de pescar, debido a lo poco accesible y a la dificultad de utilizar un equipo de captura activa. En los transectos II y III, las truchas fueron capturadas con un equipo de electropesca (120 V c.a.). El voltaje utilizado para la captura de los ejemplares es el recomendado para los estudios de poblaciones ícticas en sistemas lóticos (Pratt, 1954; Vincent, 1971).

De las truchas colectadas en cada transecto de muestreo, se seleccionó un lote de 10 a 15 ejemplares de tallas representativas de la población, para ser marcadas con una etiqueta tipo "streamer", la cual va sujeta por un filamento de nylon a la región predorsal del pez y colocadas con una aguja de sutura. Se utilizó un color diferente de marca para cada transecto. El procedimiento para la confección y colocación de la marca se describe en Ruiz-Campos y Villalobos-Ramírez (1991; Fig. 3). La eficacia de este tipo de marca (duración y reacción en la región donde fue colocada) fue comprobada preliminarmente en un

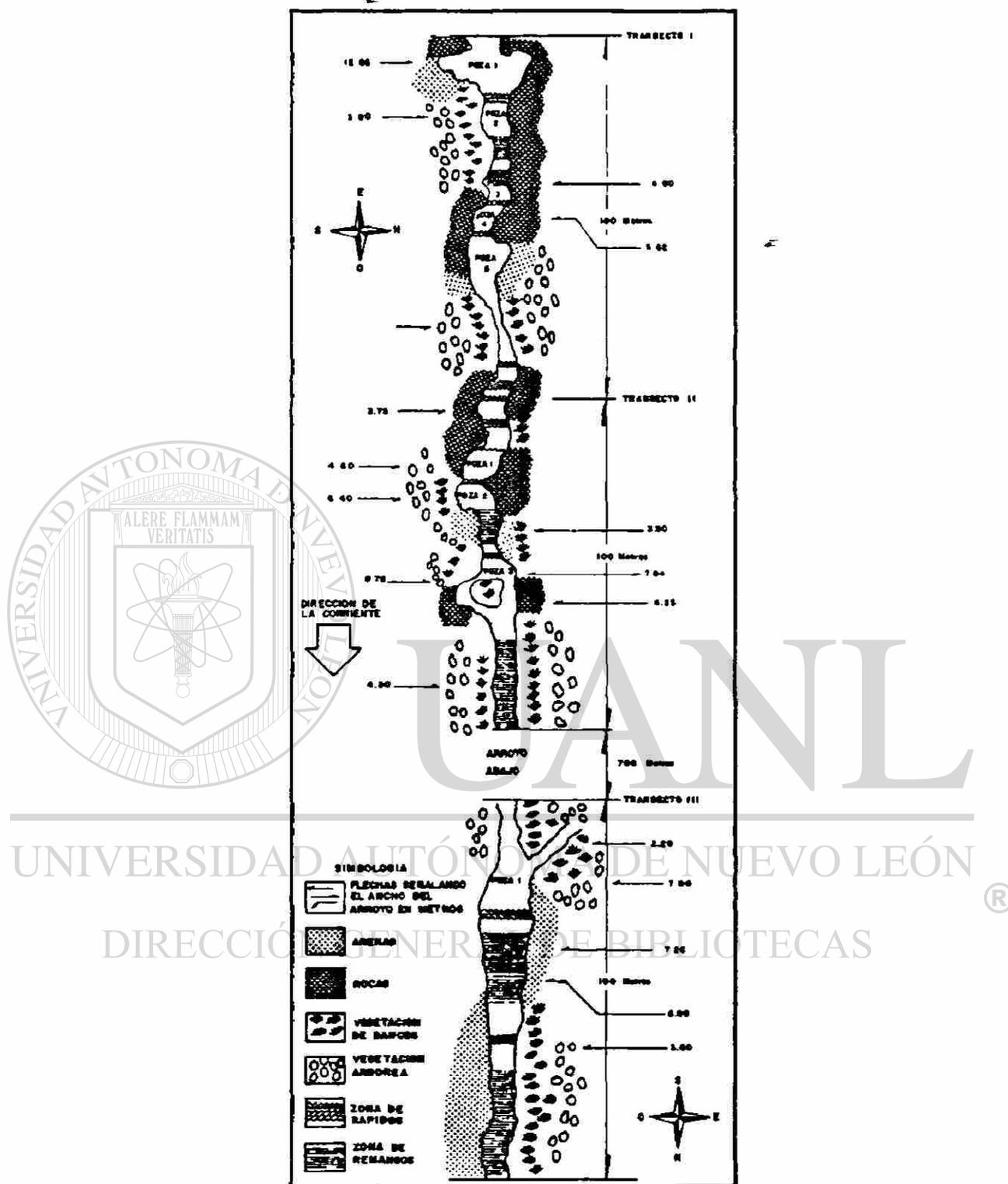
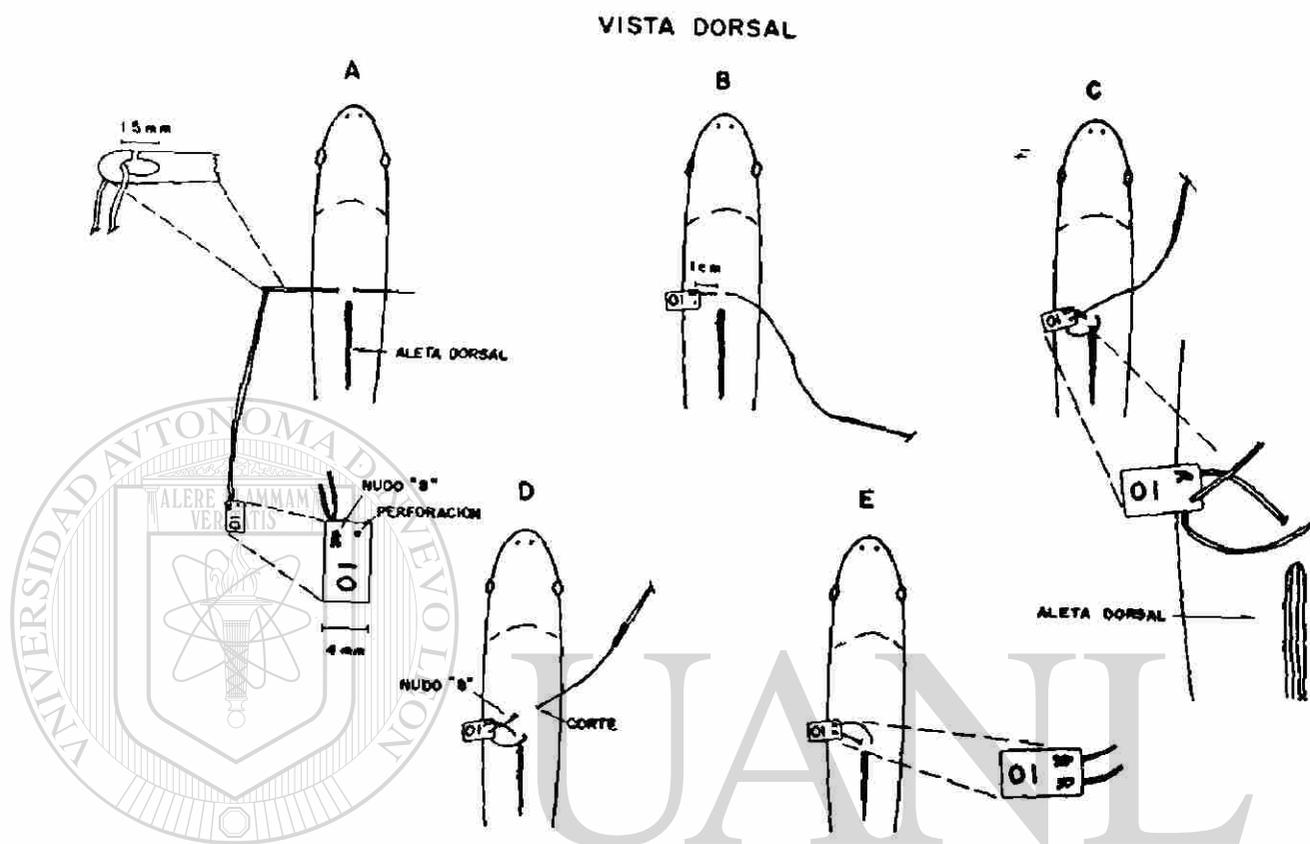


Figura 2. Caracterización fisiográfica de un segmento de 1 Km del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, donde se efectuaron los experimentos de marcaje-recaptura de la trucha arcoiris.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 3. Procedimiento de aplicación de la marca tipo "streamer" en la trucha arcoíris (tomado de Ruiz-Campos y Villalobos- Ramírez, 1991).

experimento *ex situ* (poza artificial), utilizando para este propósito otras especies ícticas.

Los peces marcados fueron medidos (mm LP), anotando el número y color de la marca, transecto de muestreo, sitios específicos donde fueron colectados, y fecha de liberación. Las truchas marcadas fueron liberadas en los sitios originales de captura (primera captura). Las truchas marcadas recapturadas fueron también liberadas en los sitios de su primera captura; todo ello, con el propósito de registrar la amplitud de los desplazamientos de los individuos en el medio natural.

Para determinar la amplitud promedio del ámbito casero de la trucha, se efectuaron mediciones de las distancias de desplazamiento para cada ejemplar recapturado, con respecto a su sitio original de captura (primera captura).

La amplitud del ámbito casero de la trucha fue determinada a nivel estacional (todas las clases de talla combinadas) y de clases de talla (todas las estaciones del año combinadas), con el propósito de determinar la relación de las características ecológicas del habitat con la amplitud de su ámbito casero.

En cada transecto de muestreo se midieron las siguientes variables ecológicas del habitat: (1) fisiográficas (ancho y profundidad del arroyo, y composición del sustrato), (2) hidrométricas (velocidad y descarga del arroyo), (3) físico-químicas (temperatura del aire y del agua, oxígeno y bióxido de carbono disueltos, potencial de iones hidrógeno, dureza total, dureza de calcio y magnesio, silicatos, fosfatos, y nitratos), y

(4) bióticas (densidad y diversidad de presas bentónicas y de deriva). Los procedimientos y consideraciones para la medición de estas variables se basan en Duff y Cooper (1976), y Platts et al. (1983), y son descritos a continuación:

Se seleccionaron sitios fijos a través del transecto de muestreo, donde se efectuaron las mediciones fisiográficas e hidrométricas. La profundidad y velocidad de la corriente fueron medidas sobre secciones transversales del arroyo, a intervalos de aproximadamente 50 cm. Se tomaron muestras de sedimento en diferentes sitios de cada transecto, utilizando un nucleador (Wildco), con el propósito de determinar los tamaños y clasificación granulométrica de los sedimentos. Los procedimientos seguidos fueron los descritos en Folk (1974).

Las variables físico-químicas del agua fueron medidas en cada uno de los transectos de muestreo. La temperatura del agua y del aire fue registrada con un termómetro digital (precisión  $\pm 0.2$  °C) en diferentes puntos del transecto, y en todos los casos a una misma hora (~11:00 h).

Para evaluar la abundancia (disponibilidad) de presas a la deriva en el medio natural, se realizaron arrastres superficiales de 100 m de longitud en cada transecto, utilizando una red de cono (diámetro= 30 cm, y luz de malla= 1 mm). Se efectuó el mismo número de arrastres para cada transecto. La abundancia de presas bentónicas fue determinada mediante la colocación de una red de fondo (tipo Wildco), la cual fue fijada en un cuadrante de  $0.30 \text{ m}^2$  ( $0.30 \times 0.30 \text{ m}$ ) en diferentes puntos del transecto. Las presas

contenidas en el cuadrante fueron removidas manualmente.

Las muestras de presas colectadas fueron preservadas en alcohol isopropílico 50%, con sus respectivos datos de colecta, y posteriormente fueron analizados cualitativa (composición taxonómica nivel familia) y cuantitativamente (número y biomasa [gramos] de presas/cuadrante ó arrastre).

Los valores absolutos de la disponibilidad de presas a la deriva (número y biomasa promedio de presas/arrastre de 100 m) y bentónicas (número y biomasa promedio de presas/cuadrante de 0.30 m<sup>2</sup>) son expresados en términos relativos (%), respectivamente, de la siguiente manera:

$DR_j = [n_j \times 100 / N]$ , donde:  $DR_j$  = densidad relativa (%) del taxón presa (j),  $n_j$  = densidad promedio del taxón presa (j) por cuadrante ó arrastre y,  $N$  = sumatoria de las densidades promedio de todos los taxa en la muestra ( $\sum n_j$ ).

$BR_j = [b_j \times 100 / B]$ , donde:  $BR_j$  = biomasa relativa (%) en peso húmedo del taxón presa (j),  $b_j$  = biomasa promedio del taxón presa (j) por cuadrante ó arrastre y,  $B$  = sumatoria de las biomazas promedio de todos los taxa presa ( $\sum b_j$ ).

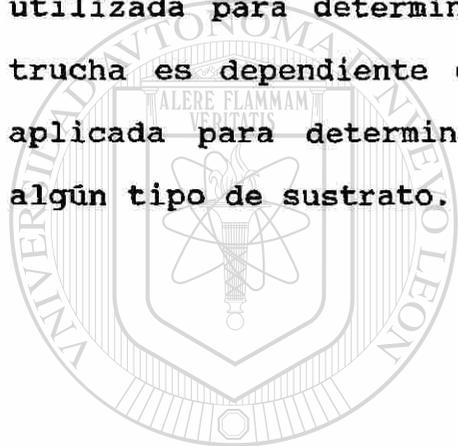
Se determinó la diversidad de taxa presa tanto de deriva como bentónicas, con la ecuación de Shannon-Wiener ( $H'$ , Pielou, 1975).

Para el análisis estadístico de los datos, se comparó la distancia promedio de desplazamiento de las truchas marcadas recapturadas a nivel de clases de talla (clase talla 1,  $\leq 130$  mm LP [1 año]; clase talla 2, 131-150 mm LP [2 años]; y clase talla

3,  $\geq 151$  mm LP [3 años]), y a nivel estacional (todas las clases de talla combinadas), utilizando una prueba ANOVA 1 vía (Sokal y Rohlf, 1981).

Para determinar si existe una relación entre el tamaño promedio del ámbito casero de la trucha, con cada una de las características ecológicas del habitat, se aplicó un análisis de correlación no paramétrica de Spearman (Siegel, 1956).

La prueba de Ji-cuadrada (tabla de contingencia) fue utilizada para determinar si el tamaño del ámbito casero de la trucha es dependiente o no de su talla. Esta misma prueba fue aplicada para determinar si la trucha exhibe preferencia por algún tipo de sustrato.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## VI. RESULTADOS

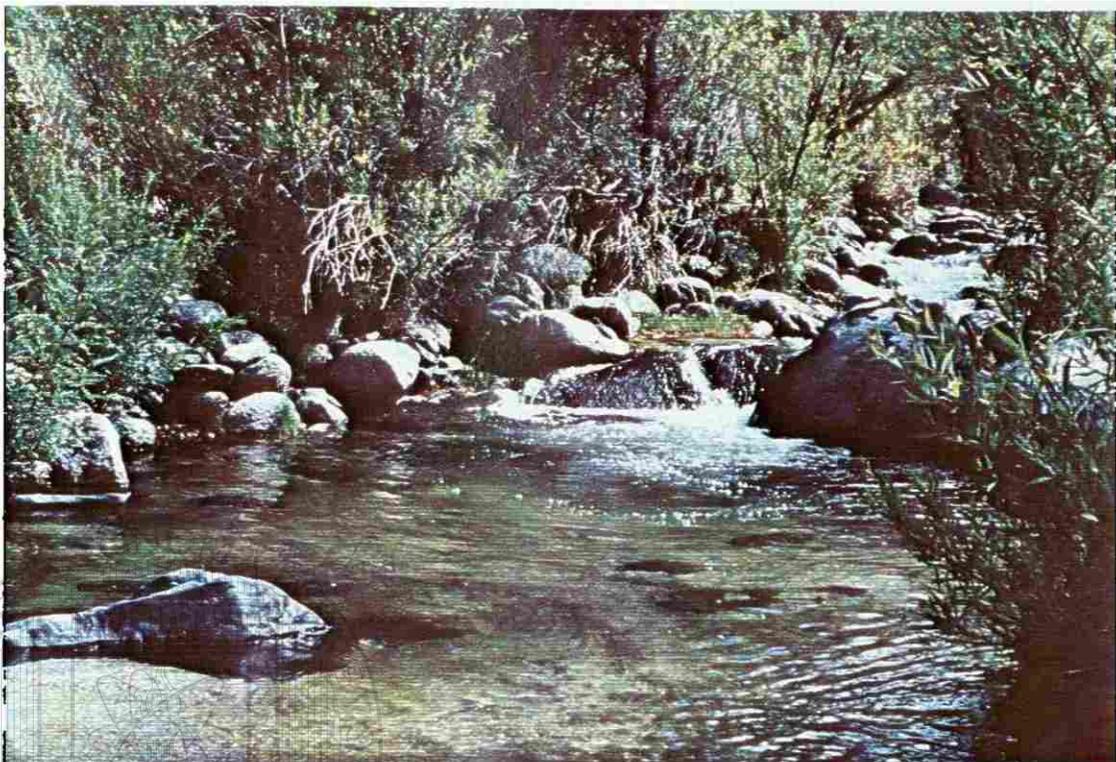
### 1. DISTRIBUCION ESPACIAL Y ALTITUDINAL

La distribución de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, se confina a los arroyos de la pendiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, desde altitudes de 500 a 2,030 m. Las localidades y altitudes donde fueron colectadas las truchas de enero de 1987 a marzo de 1993 (Fig. 1), son las siguientes: (1) Arroyo La Zanja (565 m) cerca de la confluencia con el Arroyo San Antonio (ambos forman el Arroyo San Antonio de Murillos; Lámina 1A); (2) Arroyo San Antonio de Murillos (540 m), 100 m abajo de la confluencia del Arroyo La Zanja (Lámina 1B); (3) Arroyo El Potrero (950 m), cerca del rancho del mismo nombre (Lámina 2A); (4) Arroyo La Grulla (2,030 m) en la localidad del mismo nombre (Lámina 2B); (5) Arroyo San Rafael en las localidades de Rancho Mike's Sky (1,219 m; Lámina 3A) y Rancho Garet o Las Truchas (1,350 m; Lámina 3B).

Otras localidades que fueron muestreadas y que no presentaron trucha, fueron: Arroyo Valladares (690 m) cerca del Rancho Valladares; Arroyo Santa Cruz (860 m) en el poblado del mismo nombre; Arroyo Vallecitos (2,430 m) en la localidad de Vallecitos; Arroyo sin nombre (1,780 m) en el kilómetro 74 del camino al Observatorio Astronómico Nacional UNAM (Fig. 1).

La trucha de la SSPM exhibe dos fases de coloración, una clara (Láminas 4A-B, y 5B) característica de zonas lólicas (arroyos San Rafael, San Antonio, y El Potrero), y la otra oscura (Lámina 5A) típica de zonas de remanso (p.ej., Arroyo La Grulla).

A



B

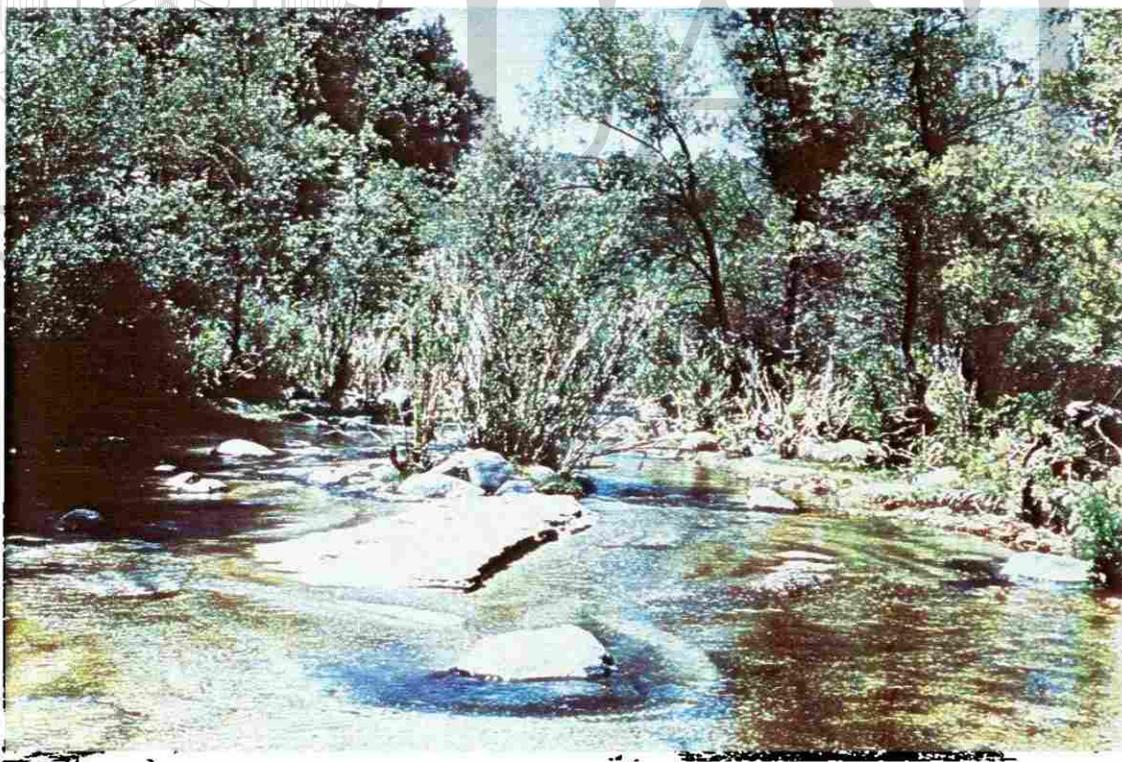


Lámina 1. (A) Arroyo La Zanja (565 m) ca. confluencia con el Arroyo San Antonio, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México; (B) Arroyo San Antonio de Murillos (540 m) ca. Rancho San Antonio.

A



B

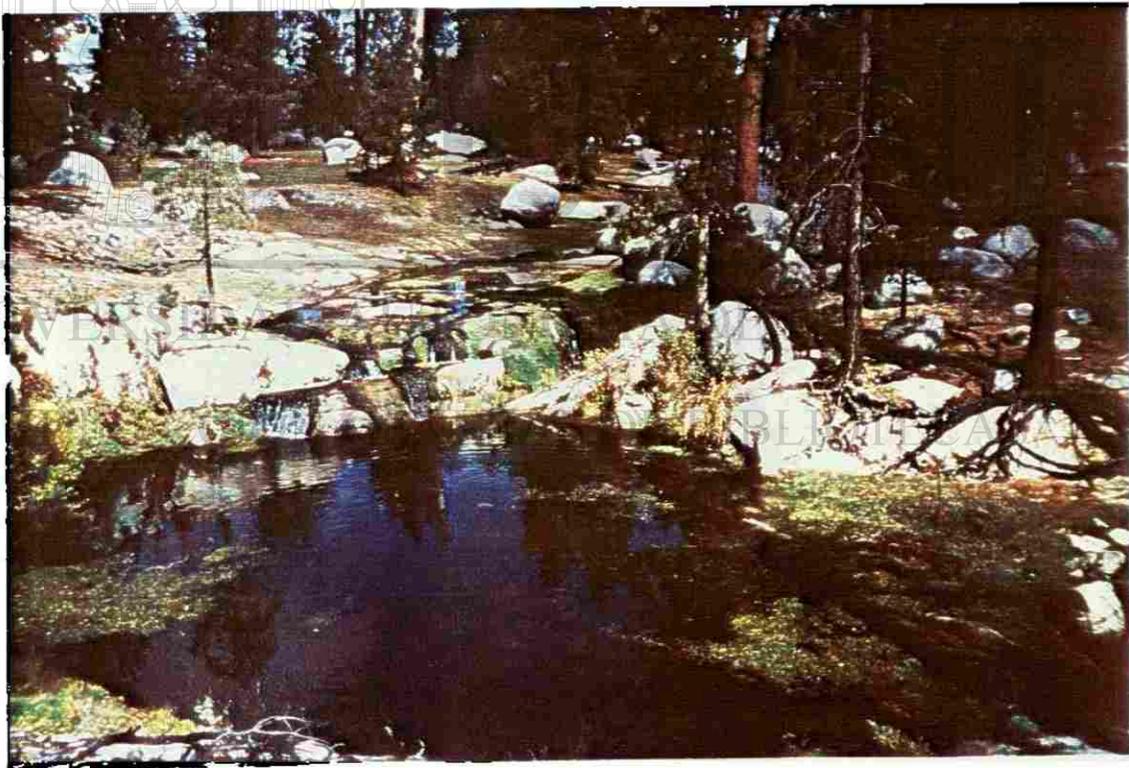


Lámina 2. (A) Arroyo El Potrero (950 m) ca. Rancho El Potrero, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México; (B) Arroyo La Grulla (2,030 m) en la localidad del mismo nombre.

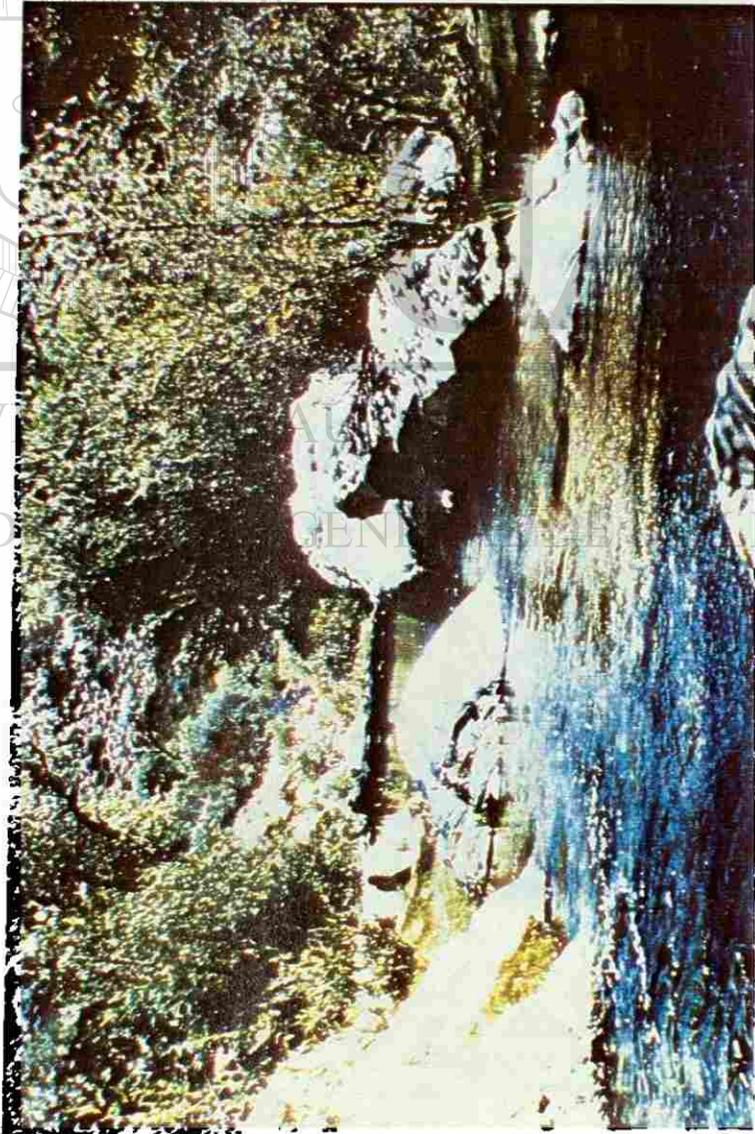
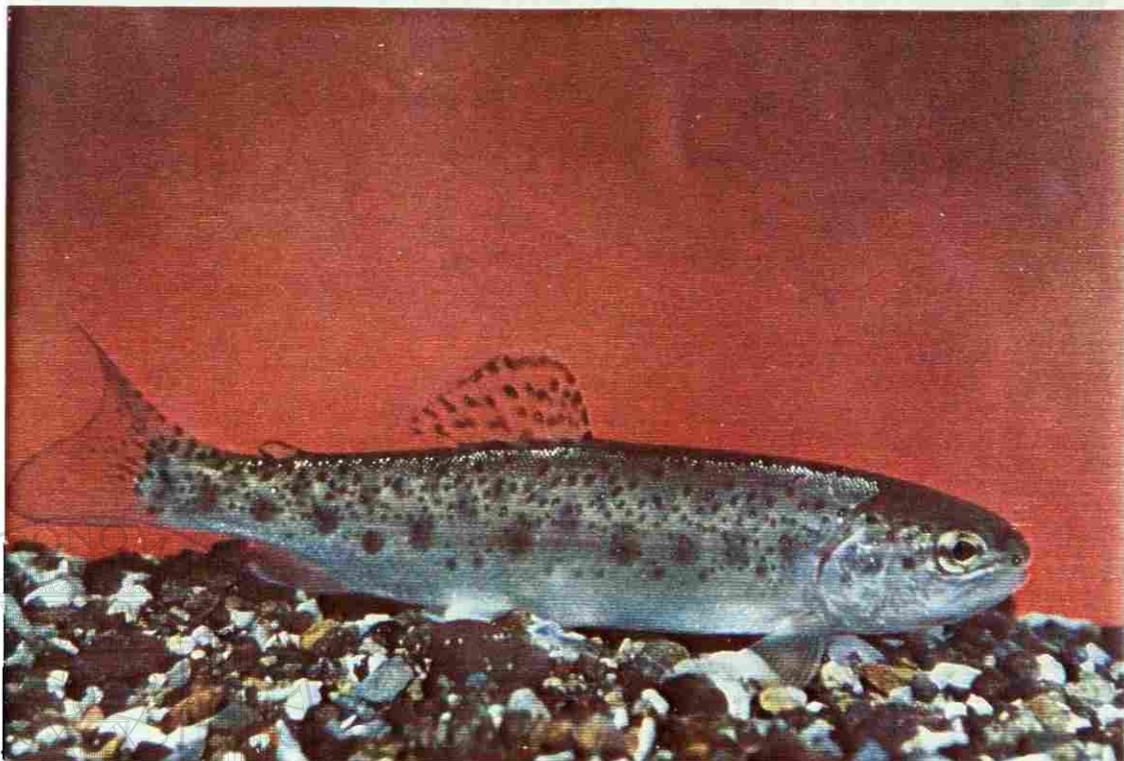
**A****B**

Lámina 3. (A) Arroyo San Rafael (1,219 m) ca. Rancho Mike's Sky, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México;  
 (B) Arroyo San Rafael (1,350 m) en el Rancho Garet.

A



B



Lámina 4. (A) Ejemplar adulto de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, con fase de coloración clara; (B) Ejemplar juvenil-del-año de trucha arcoiris del Arroyo San Antonio de Murillos.

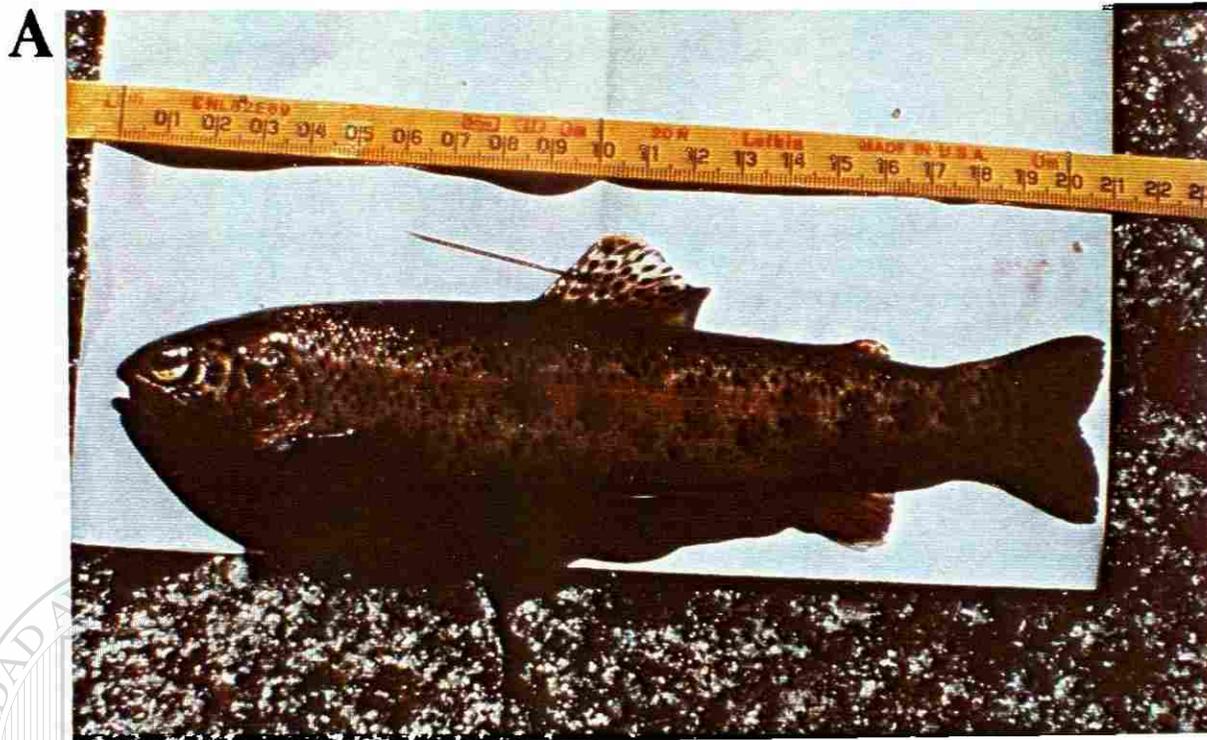


Lámina 5. (A) Ejemplar adulto de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, con fase de coloración oscura; (B) Ejemplar adulto de trucha arcoiris del Arroyo San Antonio de Murillos, con fase de coloración clara.

## 2. CRECIMIENTO SOMÁTICO Y RELACIONES BIOMÉTRICAS

### 2.1. Crecimiento en Peso

Se analizó un total de 509 ejemplares de trucha arcoiris del Arroyo San Rafael (enero 1987 a enero 1992). Los ejemplares colectados en el resto de los arroyos no fueron incluidos en el análisis debido a la poca representación numérica (Arroyo La Grulla, n= 62; Arroyo El Potrero, n= 7; Arroyo San Antonio, n= 22).

En la población de trucha del Arroyo San Rafael (en lo sucesivo referida como población Arroyo San Rafael), los individuos registraron un mayor incremento en el peso promedio a la edad de 1 año (su peso aumentó 3.44 veces con respecto a la edad 0). Los individuos a la edad de dos años, tres y cuatro años, incrementaron su peso 1.89, 1.76 y 1.85 veces, respectivamente, con relación a su edad anterior (Tabla 1).

El peso promedio observado por clases de edad en el Arroyo San Rafael, fue el siguiente: edad 0 ( $7.134 \pm 3.270$  g), edad I ( $24.518 \pm 8.383$  g), edad II ( $46.579 \pm 10.241$  g), edad III ( $82.100 \pm 18.670$  g), y edad IV ( $151.80 \pm 0.80$  g; Fig. 4).

Los pesos calculados por clase de edad ( $W_t$ ) y los parámetros estimados (modelo Gompertz) para la población Arroyo San Rafael, se presentan en la Figura 4.

Los pesos promedio observados y los calculado ( $W_t$ ) para las diferentes clase de edad, fueron estadísticamente similares (Prueba t= 0.082, p= 0.937).

Tabla 1. Crecimiento promedio en peso y longitud por clase de edad de la trucha arcoiris Oncorhynchus mykiss nelsoni, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, B. C., México (enero 1987 a enero 1992). N= 509.

Clase Edad (años)	N	Peso Promedio (g)	*Tasa de Incremento	Longitud Promedio (mm LP)	*Tasa de Incremento
0	169	7.314		68.576	
I	204	24.518	3.44	108.621	1.58
II	98	46.579	1.89	138.101	1.27
III	36	82.100	1.76	168.314	1.22
IV	2	151.800	1.85	211.000	1.25

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

\*Expresa las veces de incremento con relación a la edad anterior.

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

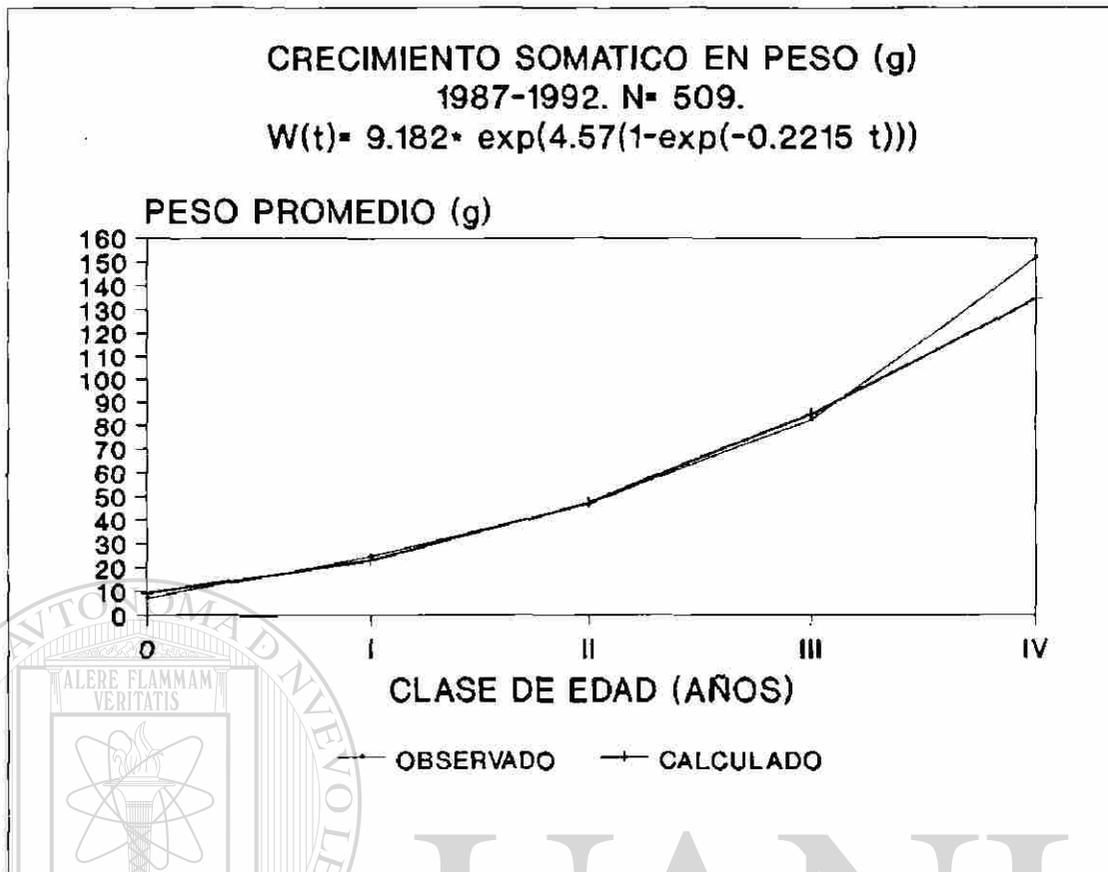


Figura 4. Crecimiento somático en peso por clase de edad de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a enero 1992).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 2.2 Crecimiento en Longitud

Las truchas del Arroyo San Rafael registraron un mayor incremento en la longitud promedio a la edad de 1 año, donde su talla incrementó 1.58 veces con respecto a la edad 0. Los individuos a la edad de dos, tres y cuatro años, registraron un incremento en su longitud promedio de 1.27, 1.22 y 1.25 veces, respectivamente, con relación a la edad anterior (Tabla 1).

La longitud promedio observada por clase de edad, fue: edad 0 ( $68.576 \pm 12.520$  mm LP), edad I ( $108.621 \pm 12.857$  mm LP), edad II ( $138.101 \pm 10.633$ ), edad III ( $168.314 \pm 10.930$  mm LP), y edad IV ( $211.0 \pm 3.0$  mm LP; Fig. 5).

En la Figura 5, se presenta para la población Arroyo San Rafael, los parámetros de crecimiento somático y longitudes calculadas por clase de edad ( $L_t$ ) mediante el modelo de von Bertalanffy.

Las longitudes promedio observadas y las calculadas ( $L_t$ ) para las diferentes clases de edad, fueron estadísticamente similares (Prueba  $t = 0.109$ ,  $p = 0.916$ ).

La longitud máxima observada para la trucha del Arroyo San Rafael fue 220 mm LP, la cual es alcanzada a los cuatro años de edad; sin embargo, el modelo de von Bertalanffy, estima una longitud máxima o asintótica de  $L_{\infty} = 330.1$  mm LP (Fig. 5).

## 2.3 Relación Peso-Longitud

La ecuación del peso en función de la longitud,  $W = f(L)$ , obtenida para la población Arroyo San Rafael, durante enero 1987

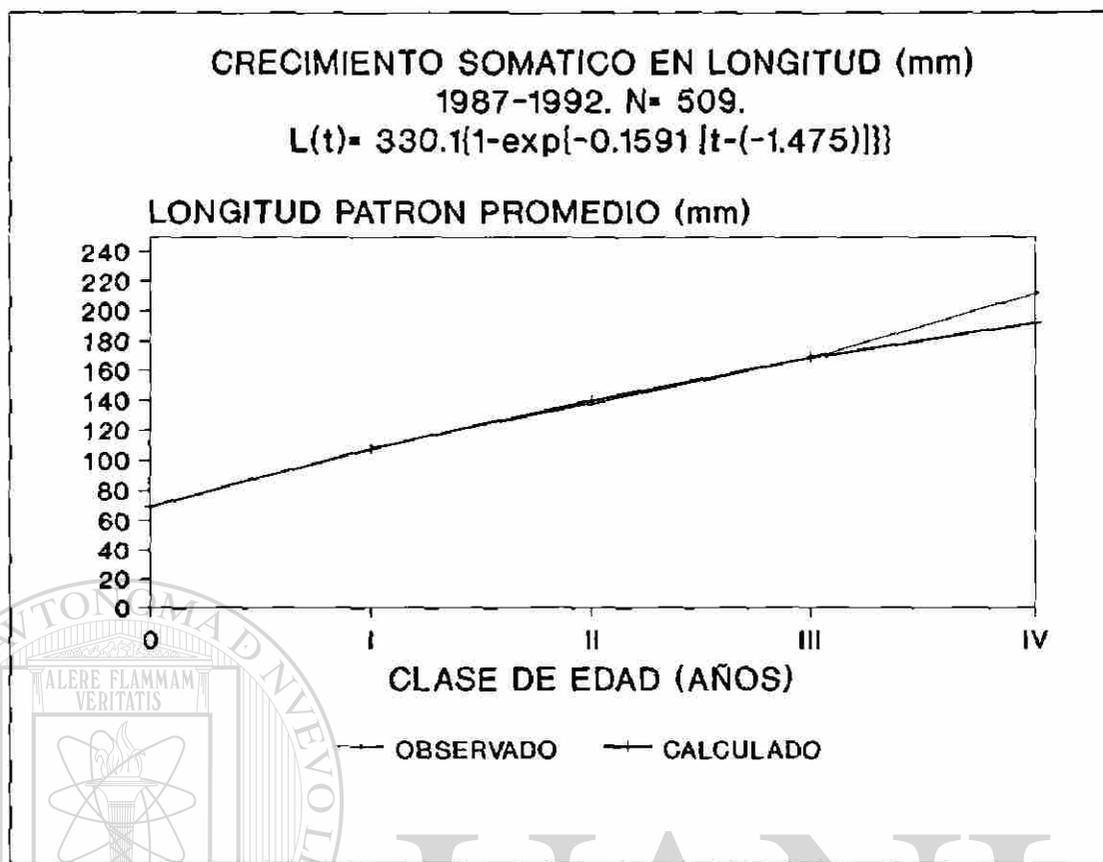


Figura 5. Crecimiento somático en longitud por clase de edad de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a enero 1992).

a enero 1992, fue:  $W = 0.00004477 * LP^{2.810}$ ,  $n = 509$ ,  $r^2 = 0.971$  (Fig. 6). El crecimiento de la trucha es de tipo alométrico ( $b = 2.810 < 3.0$ ; Prueba  $t = -8.07$ ,  $p < 0.05$ ).

El crecimiento de la trucha fue de tipo alométrico para el ciclo anual de 1987 ( $W = 0.00006225 * LP^{2.744}$ ,  $n = 196$ ,  $r^2 = 0.983$ ; Prueba  $t = -8.722$ ,  $p < 0.05$ ) y de 1988 ( $W = 0.00005915 * LP^{2.756}$ ,  $n = 215$ ,  $r^2 = 0.959$ ; Prueba  $t = -5.922$ ,  $p < 0.05$ ). Sin embargo, en 1989, el crecimiento fue de tipo isométrico ( $W = 0.00001798 * LP^{2.988}$ ,  $n = 98$ ,  $r^2 = 0.971$ ; Prueba  $t = -0.227$ ,  $p > 0.05$ ).

La pendiente (b) de la relación longitud-peso de los ejemplares machos ( $b = 2.811$ ;  $n = 132$ ) y hembras ( $b = 2.778$ ;  $n = 155$ ) fueron estadísticamente similares (Prueba  $t = -0.697$ ,  $p > 0.05$ ); y demostraron ambos un crecimiento de tipo alométrico. La pendiente (b) de los especímenes inmaduros ( $b = 2.761$ ;  $n = 211$ ) fue similar con aquella de machos ( $t = -1.33$ ,  $p > 0.05$ ) y hembras ( $t = -0.453$ ,  $p > 0.05$ ). Asimismo, el crecimiento de los ejemplares inmaduros fue de tipo alométrico ( $t = -6.367$ ,  $p < 0.05$ ).

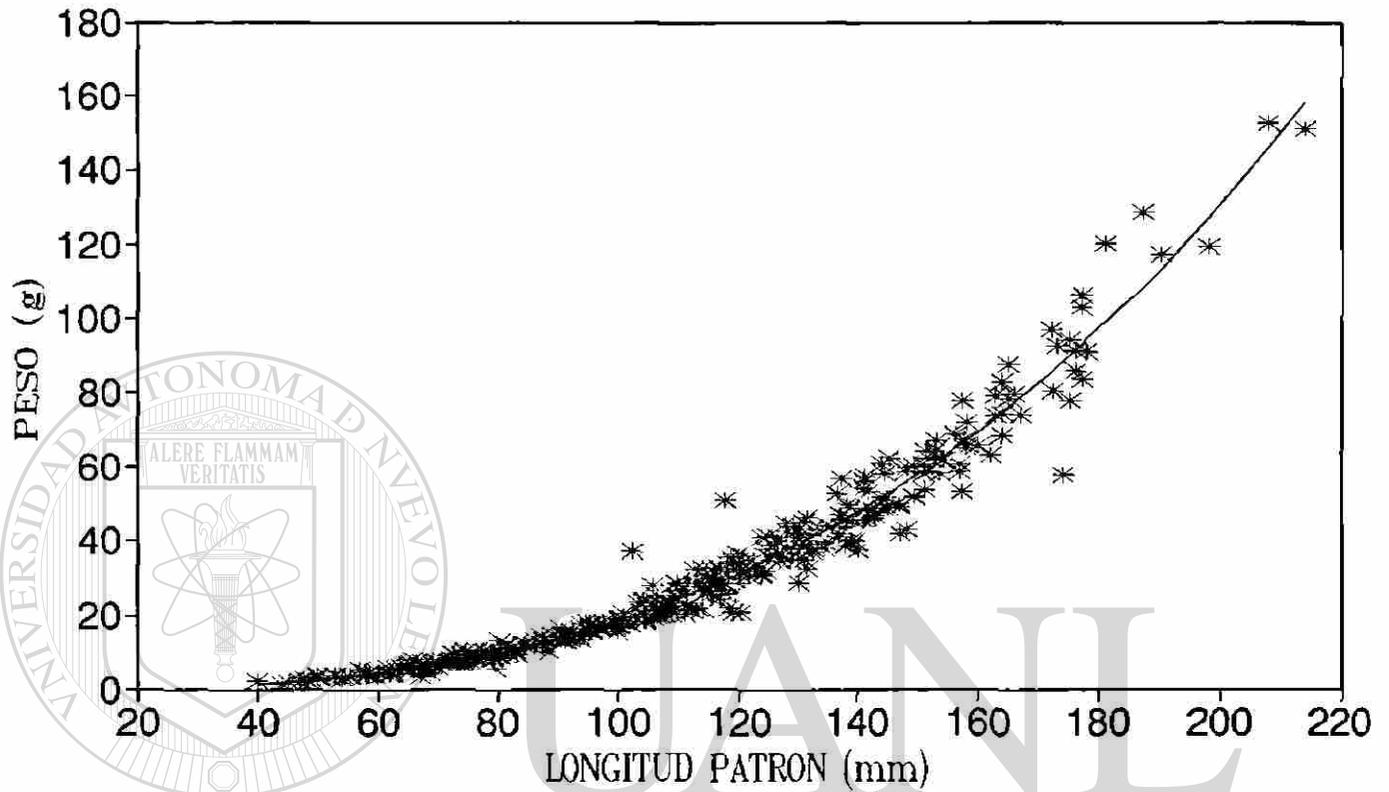
Los parámetros estimados de la relación peso-longitud para la población de trucha del Arroyo La Grulla (en lo sucesivo referida como población Arroyo La Grulla), fue:  $W = 0.00003314 * LP^{2.860}$ ,  $n = 62$ ,  $r^2 = 0.992$ ; siendo su crecimiento de tipo alométrico ( $b = 2.860 < 3.0$ ; Prueba  $t = -4.46$ ,  $p < 0.05$ ).

#### 2.4. Factor de Condición (K)

##### Población Arroyo San Rafael

El factor de condición de Fulton ( $K_{LP}$ ) para la población

$$W = 0.00004477 LP^{2.81} N = 509$$



\* Observados — Calculados

Figura 6. Relación peso-longitud de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a enero 1992).

Arroyo San Rafael (todos los sexos y edades combinadas) durante el período de enero 1987 a enero 1992, registró un promedio de  $1.90 \pm 0.315$ . El promedio de  $K_{LP}$  registró una tendencia a disminuir de un año a otro (1987,  $K_{LP} = 2.027 \pm 0.359$ ; 1988,  $K_{LP} = 1.859 \pm 0.276$ ; 1989,  $K_{LP} = 1.733 \pm 0.167$ ; Prueba Anova  $F = 34.61$ ,  $p = 0.000$ ).

El factor de condición promedio por sexos (todas las clases de edad y años combinados) fue mayor en los individuos inmaduros ( $2.043 \pm 0.354$ ) en comparación con los machos ( $1.825 \pm 0.284$ ) y hembras ( $1.776 \pm 0.185$ ) (Prueba Anova  $F = 37.59$ ,  $p = 0.000$ ); sin embargo, fue similar entre machos y hembras ( $p > 0.05$ ). Asimismo,  $K_{LP}$  a nivel de clases de edad (todos los sexos y años combinados) fue mayor en los juveniles-del-año o edad cero ( $2.096 \pm 0.375$ ) en comparación con los individuos adultos (edad I=  $1.848 \pm 0.234$ ; edad II=  $1.752 \pm 0.193$ , edad III=  $1.701 \pm 0.174$ , y edad IV=  $1.618 \pm 0.077$ ; Prueba Anova  $F = 34.4$ ,  $p = 0.000$ ). El factor de condición fue similar entre las clases de edad I, II, y III ( $p < 0.05$ ).

#### Población Arroyo La Grulla

Para la población Arroyo La Grulla, el promedio de  $K_{LP}$  (todos los sexos y clases de edad combinadas) durante 1990 fue  $1.735 \pm 0.169$ . El promedio de  $K_{LP}$  fue diferente entre sexos (inmaduros=  $1.708 \pm 0.182$ ; machos=  $1.814 \pm 0.110$ ; hembras=  $1.670 \pm 0.184$ ; Prueba Anova  $F = 3.81$ ,  $p = 0.030$ ), especialmente entre machos y hembras. En cambio,  $K_{LP}$  fue similar entre las diferentes clases de edad de la trucha (0=  $1.759 \pm 0.174$ ; I=  $1.758 \pm 0.157$ ;

II=  $1.739 \pm 0.152$ ; III=  $1.527 \pm 0.117$ ; IV=  $1.581 \pm 0.021$ ; Prueba Anova F= 2.45,  $p > 0.05$ ).

### 2.5 Factor de Condición Relativo (Kn)

Este modelo fue utilizado debido a que esta trucha exhibe un crecimiento de tipo alométrico (b diferente de 3.0) tanto en la población Arroyo San Rafael (b= 2.81; Prueba t= -8.07,  $p < 0.05$ ) como en la población Arroyo La Grulla (b= 2.86; Prueba t= -4.46,  $p < 0.05$ ).

El factor de condición relativo fue calculado de manera independiente para cada año, utilizando en cada caso las constantes a y b de su respectiva regresión peso-longitud.

#### Población Arroyo San Rafael

La población Arroyo San Rafael presentó un Kn promedio (todos los años combinados) de  $1.003 \pm 0.129$  y fue estadísticamente similar a la registrada para la población Arroyo La Grulla (todos los sexos y clases de edad combinados;  $\text{Kn} = 1.005 \pm 0.097$ ; Prueba t= 0.118,  $p = 0.906$ ).

El promedio de Kn fue diferente de un año a otro (1987,  $\text{Kn} = 1.016 \pm 0.124$ ; 1988,  $\text{Kn} = 0.983 \pm 0.142$ ; 1989,  $\text{Kn} = 1.020 \pm 0.096$ ; Prueba Anova F= 4.47,  $p = 0.012$ ). En la Figura 7 se ilustra el comportamiento estacional del factor de condición durante 1987 a 1989. Dicho comportamiento fue variable de un año a otro. Durante 1987, Kn registró una tendencia a disminuir durante los meses de invierno y primavera, e incrementarse en los meses de verano y

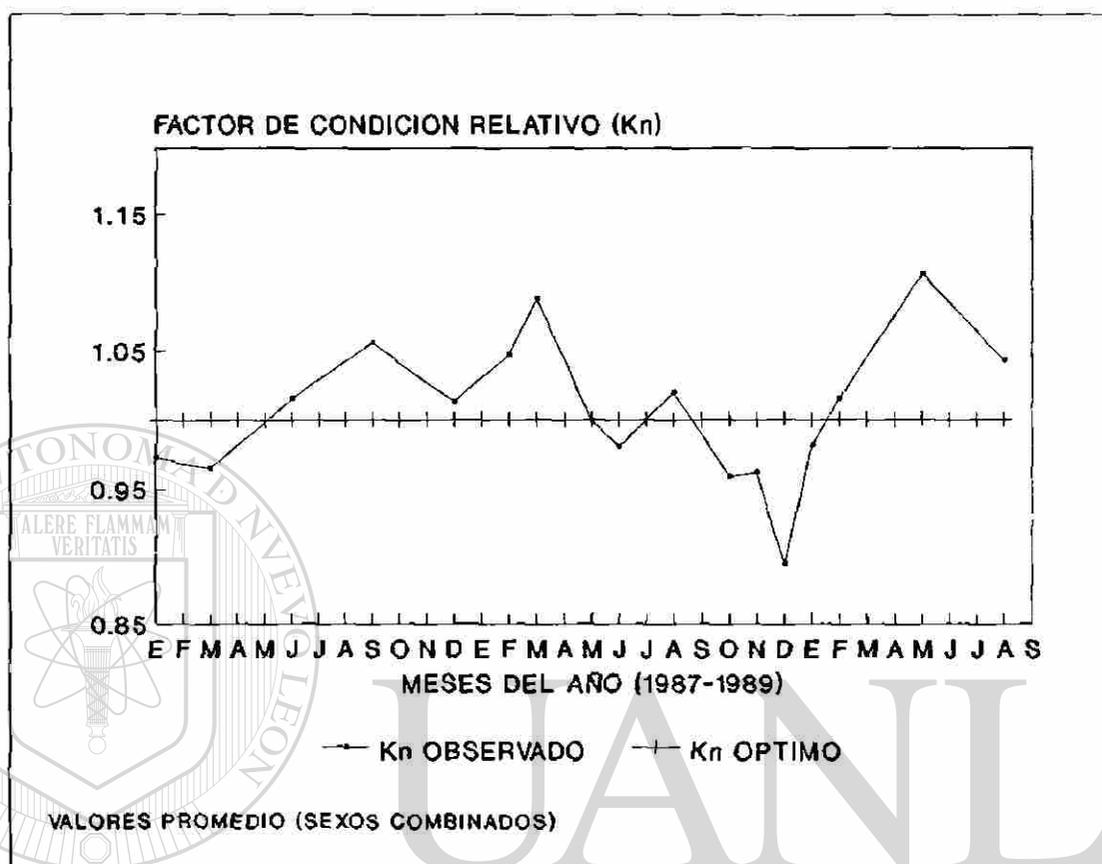


Figura 7. Factor de condición relativo (Kn) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a agosto 1989).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

otoño. En 1988, Kn tiende a disminuir durante los meses de verano y otoño, e incrementarse en los meses de invierno y primavera. Para 1989, Kn fue menor durante invierno y mayor en primavera y verano.

El factor de condición (Kn) promedio a nivel de sexos (utilizando las constantes a y b de cada sexo) fue estadísticamente similar (inmaduros Kn=  $1.019 \pm 0.145$ ; machos Kn=  $1.008 \pm 0.147$ ; hembras Kn=  $0.998 \pm 0.101$ ; Prueba Anova F= 1.12, p= 0.328). El comportamiento estacional de Kn (sexos separados y combinados) durante 1987 a 1989, se ilustra en la Figura 8.

Con relación a la edad de la trucha, el factor de condición (Kn) promedio fue similar entre sus clases de edad (0=  $1.003 \pm 0.154$ ; I=  $1.004 \pm 0.122$ ; II=  $1.000 \pm 0.099$ ; III=  $1.005 \pm 0.101$ ; IV=  $0.984 \pm 0.070$ ; Prueba Anova F= 0.03, p= 0.998).

#### Población Arroyo La Grulla

El factor de condición (Kn) promedio (todos los sexos y clases de edad combinados) para la población Arroyo La Grulla fue  $1.005 \pm 0.097$ . A nivel estacional, Kn fue mayor en verano ( $1.056 \pm 0.078$ ) y menor en primavera ( $0.944 \pm 0.030$ ) y otoño ( $0.888 \pm 0.076$ ).

A nivel de sexos, el promedio de Kn fue estadísticamente diferente (inmaduros=  $0.937 \pm 0.108$ ; machos=  $1.059 \pm 0.064$ ; hembras=  $0.987 \pm 0.097$ ; Prueba Anova F= 7.32, p= 0.002). Sin embargo, con relación a la edad de la trucha, el factor de condición (Kn) fue similar entre sus diferentes clases de edad

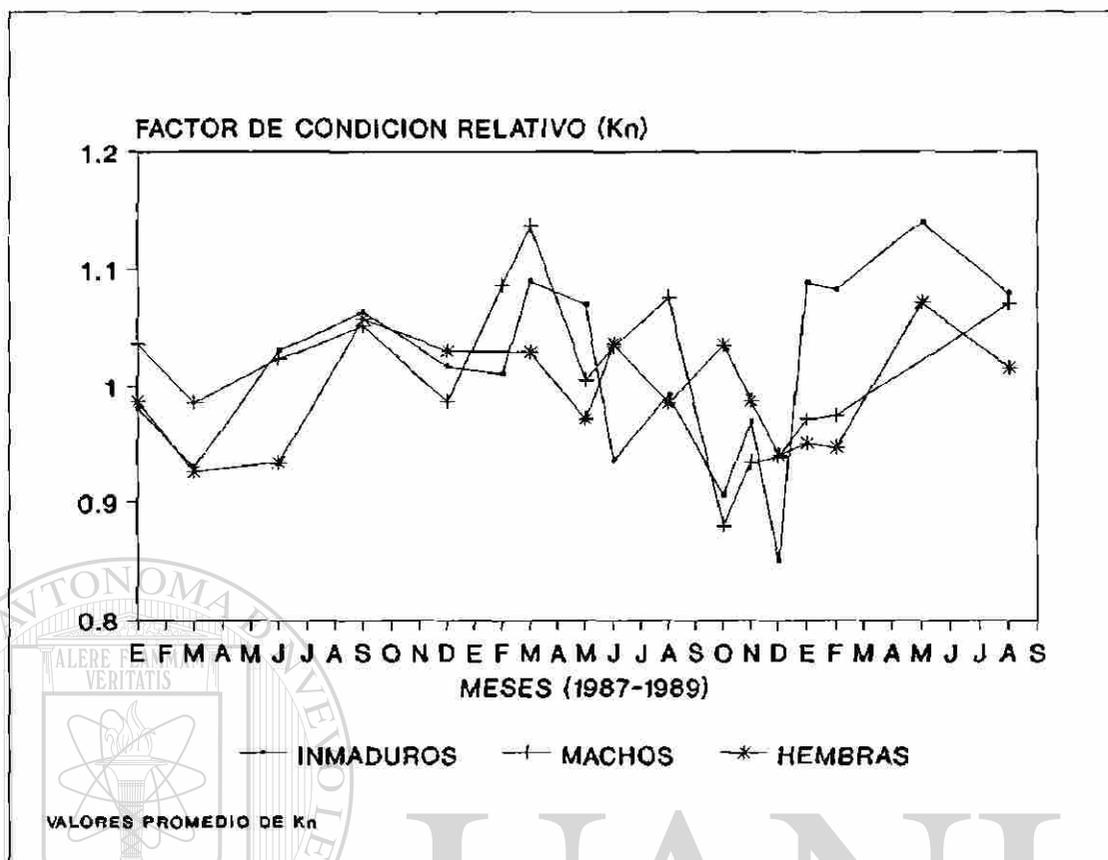


Figura 8. Factor de condición relativo (Kn) entre sexos de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a agosto 1989). ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

( $0 = 0.972 \pm 0.109$ ;  $I = 1.021 \pm 0.091$ ;  $II = 1.044 \pm 0.080$ ;  $III = 0.948 \pm 0.066$ ;  $IV = 1.017 \pm 0.019$ ; Prueba Anova  $F = 1.59$ ,  $p = 0.191$ ).

### 3. ESTRUCTURA POBLACIONAL

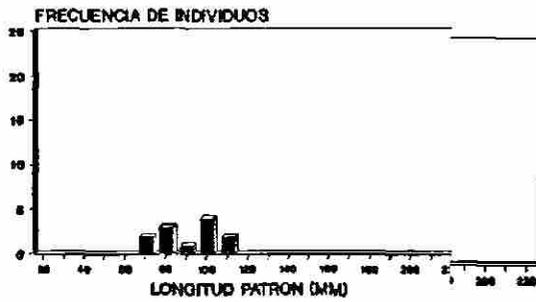
#### 3.1 Composición Poblacional por Talla

##### Población Arroyo San Rafael

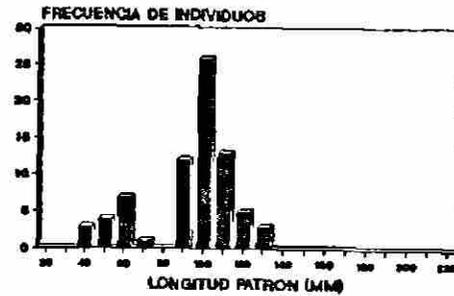
La composición poblacional a nivel de intervalos de talla (amplitud de clase = 10 mm LP) para las diferentes fechas de muestreo en el Arroyo San Rafael (período de enero de 1987 a agosto de 1989), se ilustra en las Figura 9. La talla mínima y máxima registrada fue de 34.2 y 214 mm LP, respectivamente; y presentó un promedio de 105.63 mm LP. Durante dicho período, las clases de talla más frecuentes en la población (entre 40 y 80 mm LP) correspondieron a los juveniles-del-año (aquellos que proceden del desove de invierno de ese año). En todos los años (1987 a 1989), la incorporación o reclutamiento de juveniles a la población ocurrió durante primavera (mayo a junio), a partir de una talla entre 30 y 40 mm LP (Fig. 9).

A medida que transcurre el tiempo, esto es, tomando como punto de partida la aparición de los juveniles-del-año en la población, se presenta un corrimiento en la distribución de las tallas debido al crecimiento en longitud de los juveniles (Fig. 9).

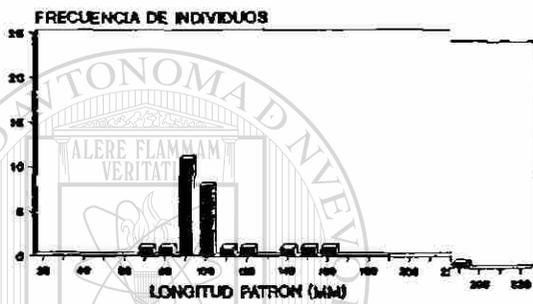
ENERO 1987  
n= 12



AGOSTO 1989  
n= 74



MARZO 1987  
n= 28



JUNIO 1987  
n= 50



SEPTIEMBRE 1987  
n= 50

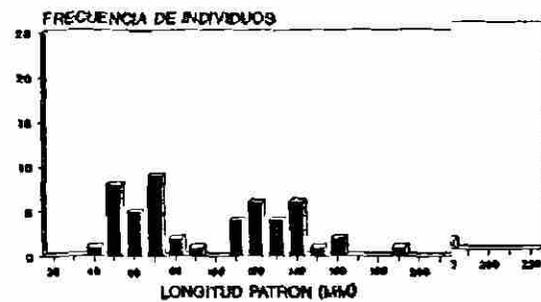


Figura 9. Composición ;  
trucha arcoí  
Arroyo San R  
California, I

### Población Arroyo La Grulla

La composición por clase de talla de la trucha en el Arroyo La Grulla durante el período de marzo a septiembre 1990, no fue posible elaborarla debido a que éstos fueron colectados con un arte de pesca selectivo (caña de pescar y red de cuchara). Los ejemplares colectados registraron una talla mínima y máxima de 48 y 232 mm LP. Asimismo, dado que no se realizaron muestreos en los meses de mayo y junio, no fue posible precisar el período de reclutamiento de los juveniles; sin embargo, es muy probable que el reclutamiento sea durante dicho período, ya que en la colecta de agosto fueron registrados juveniles de 48 a 49 mm LP.

### Población del Arroyo San Antonio de Murillos

La población de trucha del Arroyo San Antonio de Murillos (referida en lo sucesivo como población San Antonio), estuvo representada durante junio de 1991 (n= 11) y junio de 1992 (n= 11) por individuos cuyas tallas oscilaron entre 46 y 152 mm LP. En junio de 1991, los juveniles-del-año (85.9 a 95.1 mm LP) fueron los más frecuentes en la población. El mismo comportamiento fue registrado en junio de 1992, donde solamente fueron registrados juveniles-del-año (46 a 75 mm LP) procedentes del reclutamiento de primavera (mayo-junio).

### Población del Arroyo El Potrero

En el Arroyo El Potrero, se colectó durante marzo de 1989, un solo ejemplar de 166 mm LP; sin embargo, en junio de 1989

fueron registrados seis individuos cuya talla osciló entre 53.9 y 145.1 mm LP, donde los juveniles-del-año fueron los más frecuentes (rango= 53.9 a 85.5 mm LP). Al igual que en las localidades anteriores, el período de reclutamiento de juveniles a la población ocurre en primavera (mayo-junio).

### 3.2 Composición Poblacional por Edad

La técnica de determinación de la edad basado en la interpretación de anillos de crecimiento anual en escamas, fue corroborada y validada con la registrada en otolitos. En dicha corroboración existió una gran correspondencia entre el número de anillos de crecimiento en escamas y las marcas o bandas de crecimiento en otolitos. El anillo de lento crecimiento (conjunto de círculos [circuli] de crecimiento que definen un período anual) se forma durante los meses de invierno, donde los círculos están más próximos entre sí. En primavera y verano, durante el período de mayor crecimiento, los círculos están más espaciados entre sí. Los anillos de crecimiento anual en escamas son ilustrados en las Láminas 6 a la 8. Los juveniles-del-año o edad 0 exhiben círculos de crecimiento bastante espaciados debido a su mayor tasa de incremento somático (Lámina 6A).

#### Población Arroyo San Rafael

La estructura poblacional global de la trucha en el Arroyo San Rafael (período enero de 1987 a agosto de 1989), registró cinco clases de edad (0 a IV años), siendo la clase dominante la



Lámina 6. (A) Escama de una trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) de edad cero o juvenil-del-año; (B) Escama de una trucha arcoiris de edad I.

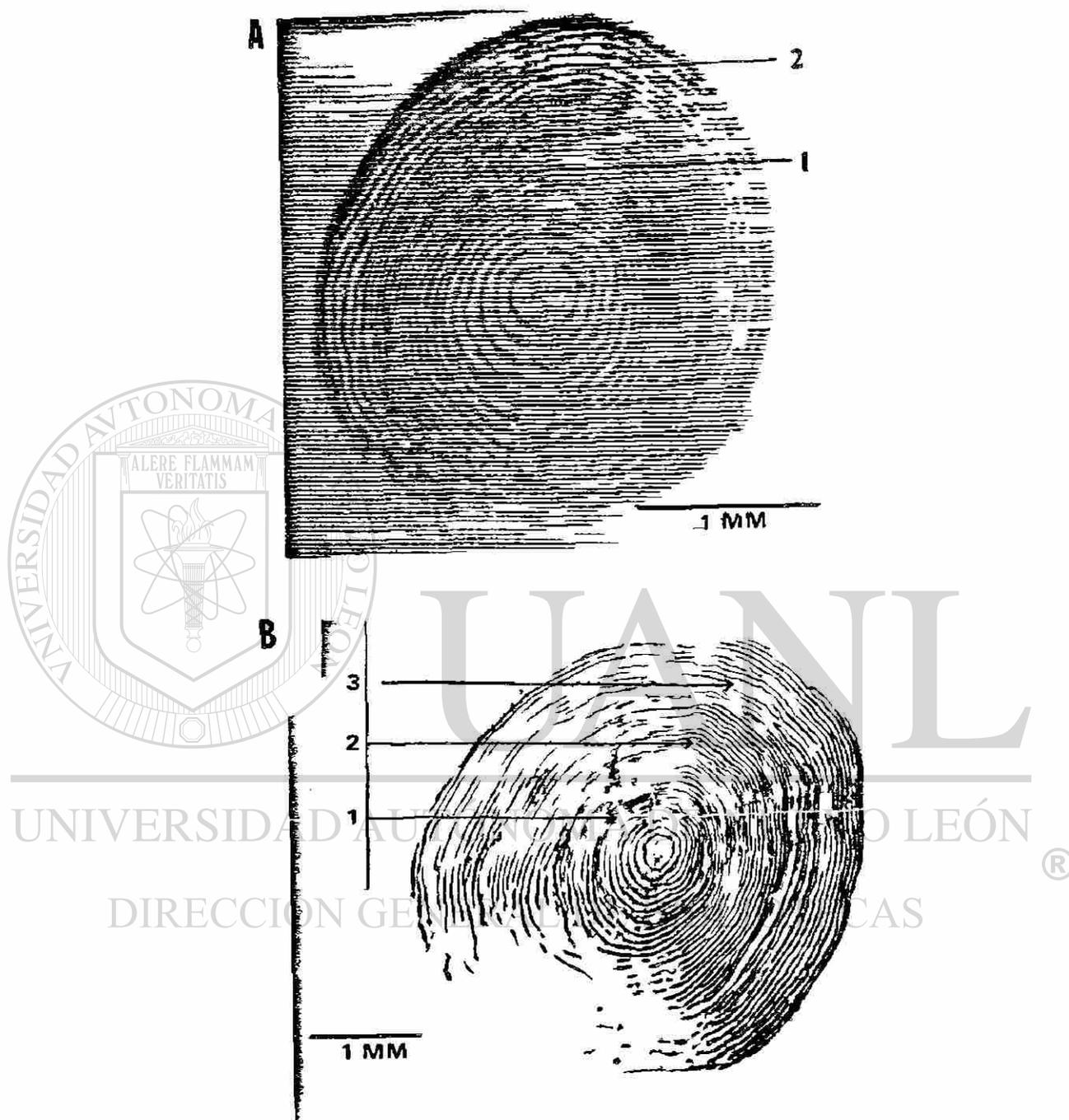
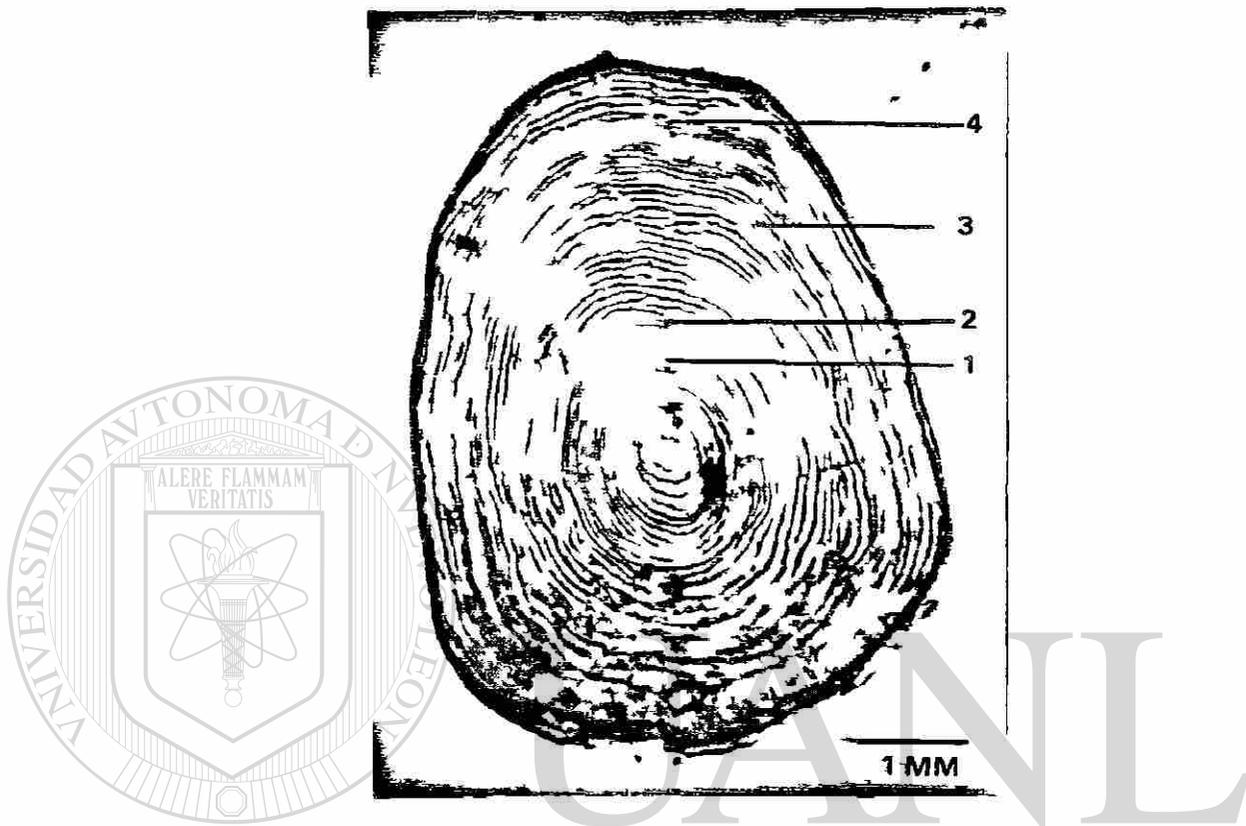


Lámina 7 (A) Escama de una trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) de edad II; (B) Escama de una trucha arcoiris de edad III



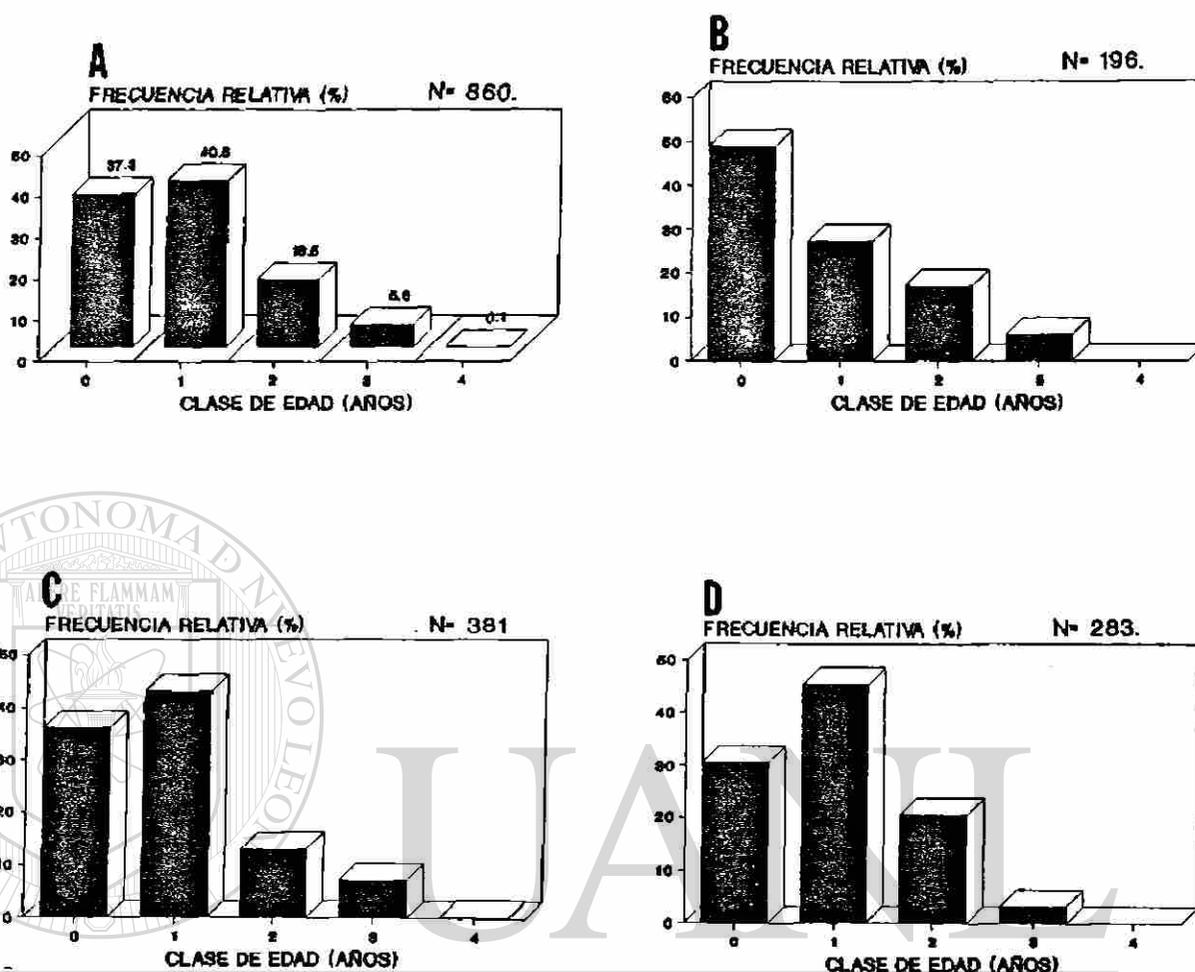
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Lámina 8 Escama de una trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*<sup>®</sup>  
*nelsoni*) de edad IV  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

edad I (40.5%), seguida de los juveniles-del-año o de edad 0 (37.3%; Fig. 10A). El resto de las clases de edad registraron una baja frecuencia relativa (edad II= 16.5%; edad III= 5.6%; y edad IV= 0.1%). Un solo ejemplar de cuatro años fue registrado en noviembre de 1988.

En 1987, la población se integró de cuatro clases de edad (0-III años), siendo la clase dominante los juveniles-del-año o edad 0 (49%), seguida por la edad I (27.6%; Fig. 10B). En dicho año no se registraron individuos de edad IV. Para 1988, la población estuvo compuesta por cinco clases de edad (0-IV años), donde la edad I fue la clase más frecuente (43.3%), seguida por la clase de edad 0 (36.2%). Solamente un individuo de edad IV fue colectado en ese año (Fig. 10C). Durante 1989, la población se integró de cuatro clases de edad (0-III años), donde de nuevo la clase de edad I fue la más dominante (45.6%), seguida por las edades 0 (30.7%) y II (20.5%; Fig. 10D). La edad III fue escasamente representada (3.2%) y la edad IV fue virtualmente ausente.

La composición poblacional por clase de edad de la trucha para las diferentes fechas de muestreo (período enero de 1987 a agosto de 1989), se ilustra en la Figura 11. La clase de edad 0 es generalmente conspicua a partir de los meses de primavera (entre mayo y junio), aunque individuos que aún no han formado el anillo de crecimiento (aquellos procedentes del desove del año anterior) pueden presentarse en enero y febrero.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

Figura 10. Composición poblacional por clase de edad de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. A) Composición global (enero 1987 a agosto 1989), B) Composición anual para 1987, C) Composición anual para 1988, y D) Composición anual para 1989.

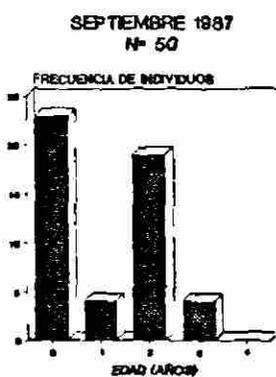
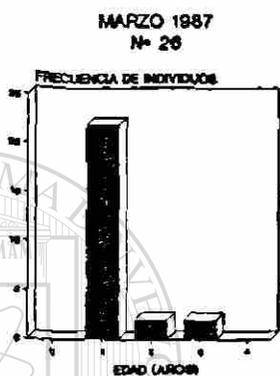
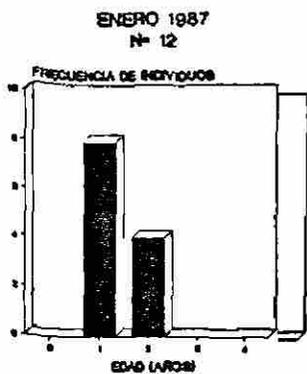


Figura 11. Composición de la muestra de trucha por fecha de captura. Pedro de Arce, agosto 1987.

### Población Arroyo La Grulla

La población de trucha del Arroyo La Grulla durante marzo a septiembre de 1990, registró cuatro clases de edad (0 a III años), siendo la clase de edad dominante los individuos de 1 año (47.9%), y en menor porcentaje por las edades 0 (27.0%), II (18.8%) y III años (6.3%). En los muestreos de reconocimiento realizados el 18 de junio de 1984 por Edwin P. Pister y el autor del presente trabajo, fueron colectados varios ejemplares de edad IV, los cuales fueron incluidos en el cálculo de la relación longitud-peso y el factor de condición. En octubre 24 y 25 de 1992, se visitó nuevamente esta localidad y se observaron juveniles-del-año y ejemplares adultos de edad II y III.

### Población Arroyo San Antonio

La población de trucha del Arroyo San Antonio (= San Antonio de Murillos) durante junio 29 de 1991 fue integrada por tres clases de edad (0-II años, n= 11 individuos), siendo la edad 0 o juveniles-del-año y la edad I las más dominantes (cada una con 45.5%), y una baja representación de la edad II (9.0%). Por su parte, durante junio 17-18 de 1992, la edad 0 fue la única clase capturada (n= 11).

### Población Arroyo El Potrero

Un solo ejemplar de trucha de edad III fue colectado en marzo 11 de 1989. Sin embargo, en junio 17 de 1989, fueron colectados ejemplares de edad 0 (n= 5) y edad II (n= 1).

### 3.3 Composición Poblacional por Sexo

#### Población Arroyo San Rafael

En términos de la población global (todos los años combinados, 1987-1989) para la localidad Arroyo San Rafael, el 54% correspondieron a hembras y el 46% a machos, siguiendo una proporción sexual de 1:1 (Prueba Ji-cuadrada [corrección de Yates],  $X^2 = 1.686$ ,  $p > 0.05$ ). La proporción sexual fue similar en cada uno de los años ( $X^2 = 1.336$ ,  $p = 0.513$ ).

#### Población Arroyo La Grulla

En la población de trucha del Arroyo La Grulla durante 1990, el 51.4% correspondieron a machos y 48.6% a hembras, siguiendo una proporción sexual de 1:1 ( $p > 0.05$ ).

## 4. DESCRIPCIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS HABITOS ALIMENTICIOS

### 4.1 Población Arroyo San Rafael

El análisis sistemático del contenido estomacal de 192 ejemplares de trucha arcoiris del Arroyo San Rafael, durante un ciclo anual (enero a diciembre de 1987), registró un total de 51 taxa presa (todas las estaciones del año combinadas), pertenecientes a 47 familias de insectos y cuatro taxa mayores no insectos (Tabla 2). En verano se registró el mayor número de taxa presa (39) y el menor en otoño (25; Fig. 12).

Tabla 2. Composición de la dieta de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987). Número de truchas examinadas = 192. Ver texto para explicación de abreviaturas.

Taxa (presas)	N <sup>1</sup>	Tamaño promedio (mm)	% FO	% N	% Y	% IIR
Aranea	3	6.0	1.60	0.06	0.22	0.01
Ostracoda	17	1.9	5.20	0.60	0.17	0.04
Isopoda	1	1.2	0.50	0.02	0.10	<0.01
Hydracarina	1	1.0	0.50	0.02	0.01	<0.01
Ephemeroptera						
Oligoneuriidae	75	4.9	20.80	2.40	1.54	0.88
Heptageniidae	37	5.0	13.50	1.04	1.22	0.33
Leptophlebiidae	124	4.4	16.10	1.50	3.98	0.95
Odonata						
Lestidae	3	9.9	1.04	0.05	0.25	<0.01
Coenagrionidae	46	8.4	18.30	0.50	1.76	0.45
Agrionidae	7	9.4	3.60	0.15	2.03	0.09
Gomphidae	1	25.0	0.50	0.02	0.70	<0.01
Aeshnidae	4	14.7	2.10	0.07	0.99	0.02
Corduliidae	3	10.1	1.50	0.05	0.78	0.01
Libellulidae	10	15.3	1.50	0.20	1.05	0.02
Orthoptera						
Tettigoniidae	2	7.3	1.50	0.05	0.41	<0.01
Tridactylidae	2	18.5	0.50	0.05	0.35	<0.01
Plecoptera						
Perlodidae	84	7.4	38.50	3.00	5.91	3.70
Hemiptera						
Belostomatidae	9	8.3	3.60	0.20	0.58	0.03
Corixidae	1	4.0	0.50	0.02	0.04	<0.01
Naucoridae	1	4.6	0.50	0.02	0.08	<0.01
Veliidae	18	4.2	4.70	0.30	0.29	0.03
Megaloptera						
Corydalidae	6	38.0	2.60	0.09	2.25	0.07
Coleoptera						
Noteridae	1	3.8	0.50	0.02	0.09	<0.01
Hydrophilidae	9	8.6	5.20	0.20	0.57	0.04
Elmidae	22	5.8	7.30	0.40	1.17	0.12
Psephenidae	7	5.7	3.60	0.15	0.27	0.02
Coccinellidae	1	6.5	0.50	0.02	0.02	<0.01
Chrysomelidae	1	14.0	0.50	0.02	0.19	<0.01
Curculionidae	1	4.0	0.50	0.02	0.10	<0.01
Otros	4	13.7	1.04	0.04	0.37	0.01
Diptera						
Tipulidae	12	6.2	4.05	0.20	0.45	0.03
Psychodidae	1	2.3	0.50	0.02	0.01	<0.01
Dixidae	2	6.3	1.04	0.04	0.02	<0.01
Culicidae	3	4.9	1.50	0.05	0.11	<0.01
Simuliidae	297	5.5	50.50	29.41	15.67	24.54
Ceratopogonidae	10	5.6	3.60	0.20	0.07	0.01
Chironomidae	113	4.3	21.30	3.20	1.17	1.00
Stratiomyidae	149	6.3	35.90	2.90	2.83	2.22
Tabanidae	7	7.5	4.60	0.15	0.40	0.03
Asilidae	1	15.0	0.50	0.02	0.25	<0.01
Trichoptera						
Rhyacophilidae	9	5.8	7.80	0.30	0.44	0.06
Hydroptilidae	497	4.7	53.60	17.30	14.09	18.14
Philopotamidae	19	7.9	7.30	0.50	0.67	0.09
Hydropsychidae	304	8.2	82.80	8.80	17.69	23.64
Psychomyiidae	4	6.0	1.04	0.05	0.01	<0.01
Limnephilidae	1	5.4	0.50	0.02	0.01	<0.01
Sericosomatidae	499	5.4	51.04	24.82	17.53	23.30
Helicopsychidae	20	2.0	7.80	0.50	0.48	0.08
Hymenoptera						
Braconidae	4	4.9	1.60	0.05	0.26	0.01
Ichneumonidae	1	9.6	0.50	0.02	0.05	<0.01
Trichogrammatidae	1	2.1	1.04	0.04	0.01	<0.01
Formicidae	5	3.5	2.10	0.11	0.16	0.01
otros	1	5.0	0.50	0.02	0.13	<0.01

<sup>1</sup> N = número de presas completas medidas.

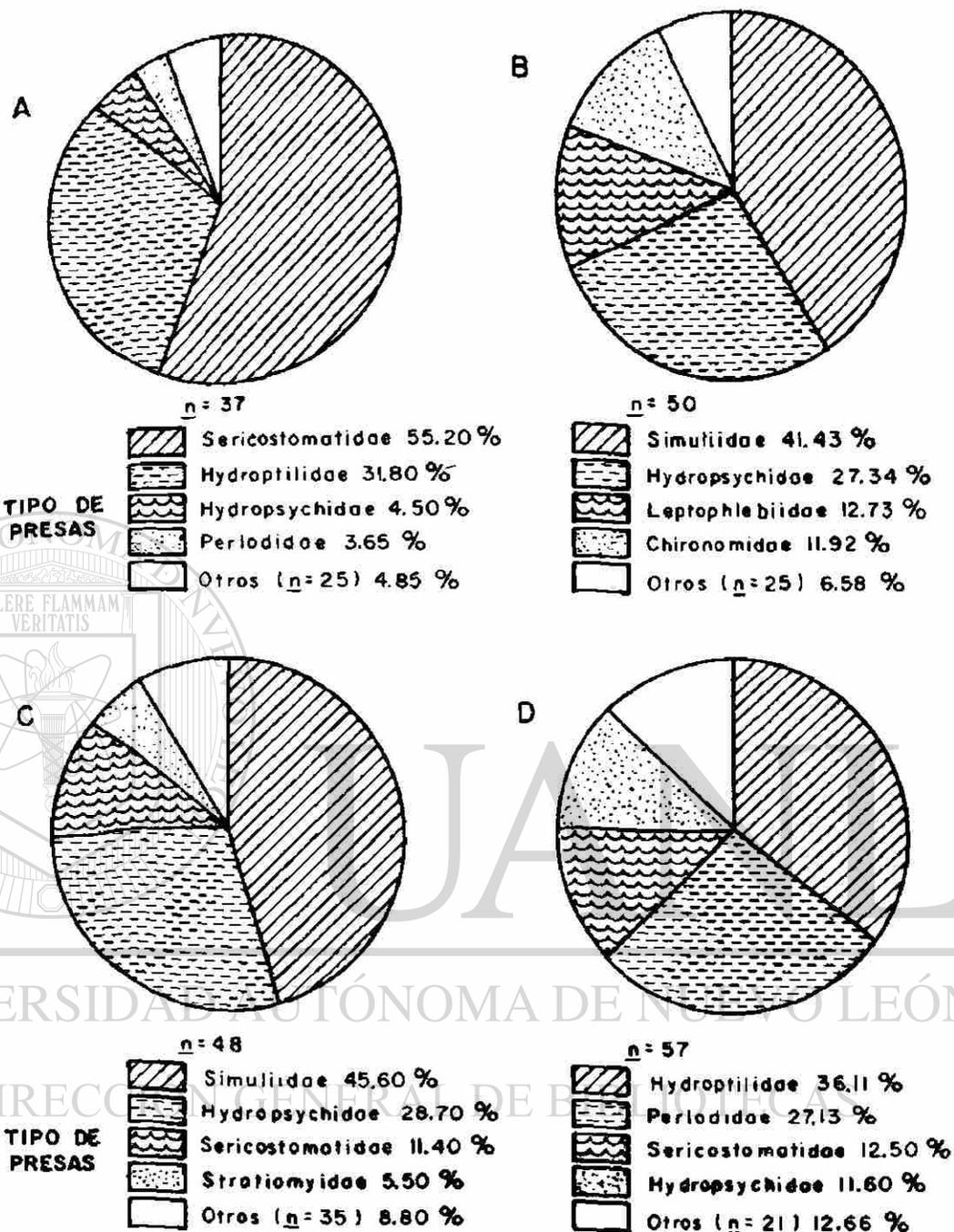


Figura 12. Espectro alimenticio estacional de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), según el porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR). A) Invierno, B) Primavera, C) Verano, y D) Otoño.

#### 4.1.1 Composición Trófica Global y Estacional

De acuerdo al índice de importancia relativa (%IIR<sub>A</sub>), los taxa presa más importantes en la dieta de la trucha a través del año (enero a diciembre de 1987), fueron las larvas y pupas del díptero Simuliidae (24.54%) y las larvas de tricópteros: Hydropsychidae (23.64%), Sericostomatidae (23.30%), e Hydroptilidae (18.14%) (Tabla 2). Contribuyó el resto de las presas (47 taxa) con el 10.38% de la dieta en términos de IIR.

La composición de la dieta fue cambiante con la estación del año (Fig. 12). En invierno, dominaron la dieta los tricópteros Sericostomatidae (55.20%) e Hydroptilidae (31.80%; Fig. 12A). Durante primavera, las presas más importantes fueron las larvas y pupas de Simuliidae (41.43%) y las larvas de Hydropsychidae (27.34%; Fig. 12B). En verano, de nuevo predominaron Simuliidae (45.60%) e Hydropsychidae (28.70%; Fig. 12C). Para condiciones de otoño, sobresalieron en la dieta Hydroptilidae (36.11%) y el plecóptero Perlodidae (27.13%; Fig. 12D).

#### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 4.1.2 Composición Trófica por Clase de Talla

Esta trucha presentó un rango de tallas durante 1987 de 40 a 198 mm LP. La composición trófica por clase de talla (todas las estaciones del año combinadas) se ilustra en la figura 13. La dieta de la clase de talla I ( $\leq 55$  mm LP), se compone en gran proporción de larvas y pupas de Simuliidae (52.60%) y larvas del efemeróptero Leptophlebiidae (14.80%; Fig. 13A). La clase de

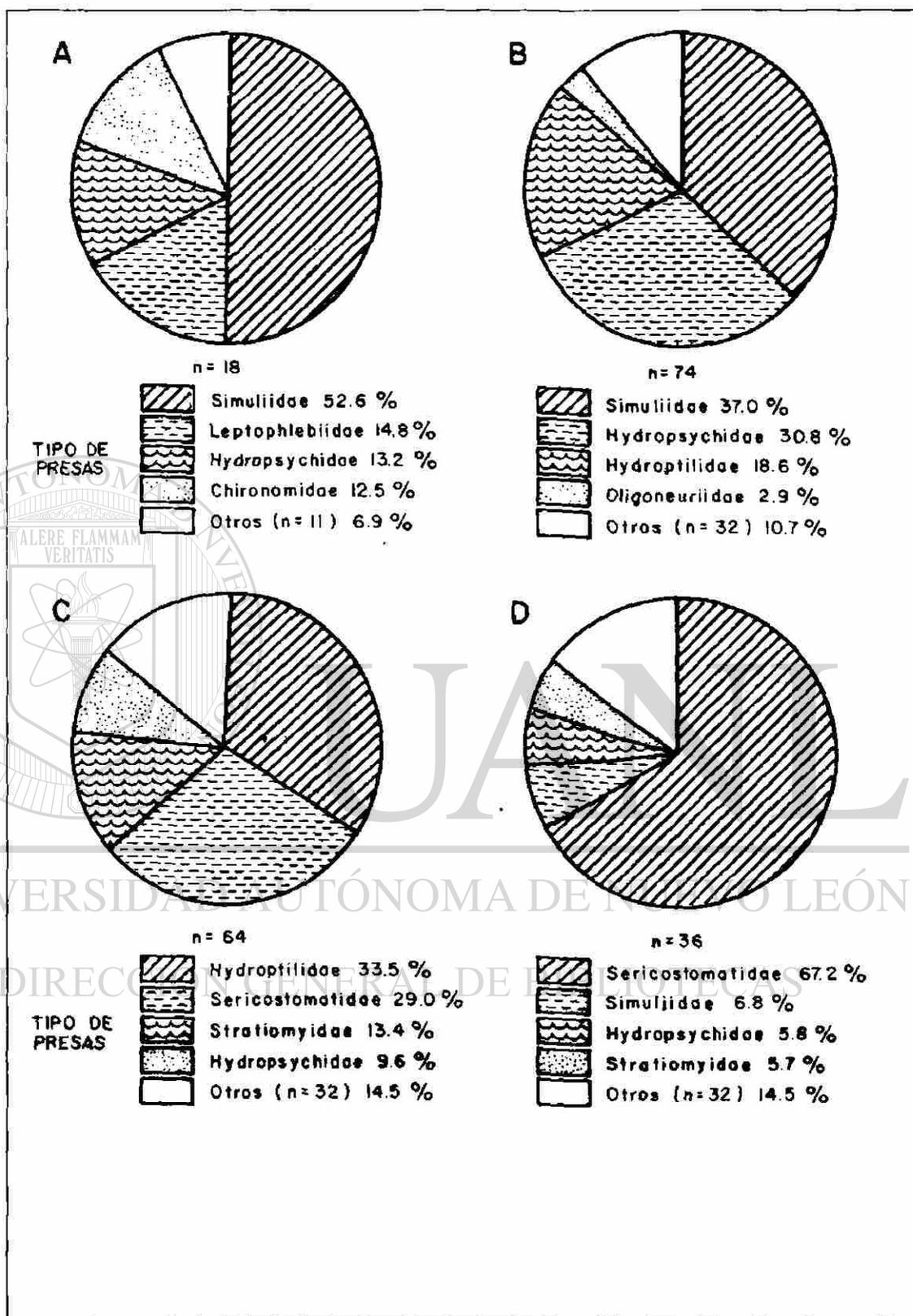


Figura 13. Espectro alimenticio total por clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), de acuerdo al porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR). A)  $\leq 55$  mm, B) 56-85 mm, C) 86-125 mm, y D)  $\geq 126$  mm.

talla II (56-85 mm LP), predominan en su dieta Simuliidae (37.00%), Hydropsychidae (30.80%), e Hydroptilidae (18.60%; Fig. 13B). En la clase de talla III (86-125 mm LP), se registró una mayor proporción de larvas de tricópteros, tales como Hydroptilidae (33.50%) y Sericostomatidae (29.00%; Fig. 13C). La clase de talla IV ( $\geq 126$  mm LP), su dieta es dominada principalmente por Sericostomatidae (67.20%), y en menor proporción le siguen Simuliidae (6.80%) e Hydropsychidae (5.80%; Fig. 13D).

La composición estacional para cada clase de talla, se presenta en la figura 14. La clase de talla I (Fig. 14A) solamente fue representada en primavera y verano. En primavera, su dieta se compone principalmente por los dípteros Simuliidae (51.30%) y Chironomidae (16.30%), y del efemeróptero Leptophlebiidae (16.80%); durante verano, aunque representado por cuatro estómagos analizados ( $n=4$ ), sobresale de nuevo en la dieta Simuliidae (52.20%), así como el tricóptero Hydropsychidae (24.00%). Las truchas de la clase de talla II (Fig. 14B), se alimentaron en invierno básicamente de los tricópteros Hydroptilidae (42.10%), Sericostomatidae (30.40%), e Hydropsychidae (13.60%); en primavera, las presas más significativas en la dieta fueron Simuliidae (48.30%), Hydropsychidae (22.20%), y Leptophlebiidae (18.00%); la dieta en verano fue dominada otra vez por Simuliidae (45.80%), seguido por Hydroptilidae (37.50%); y durante otoño, Hydroptilidae (45.10%) e Hydropsychidae (30.05%) dominaron la dieta. Las truchas de la

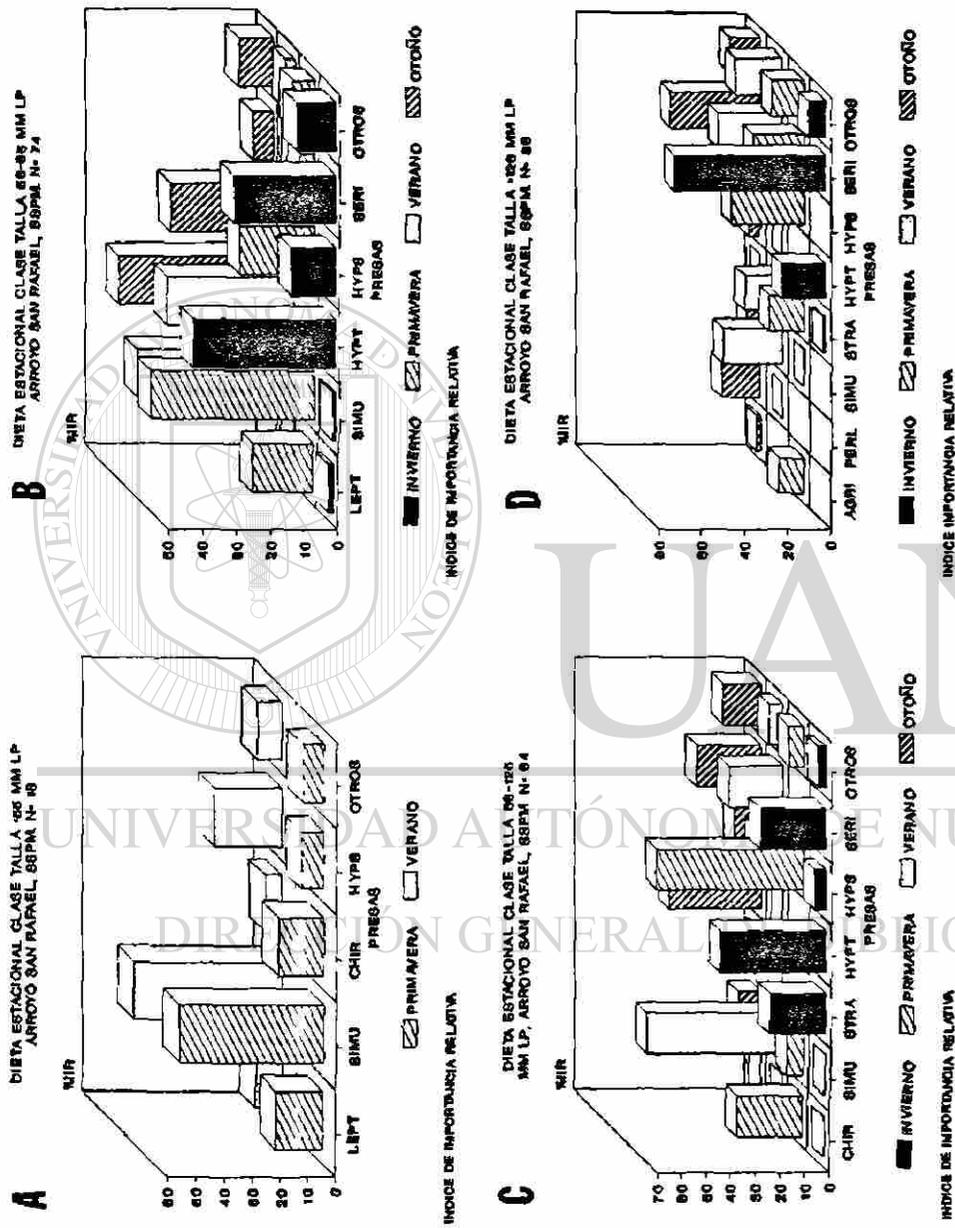


Figura 14. Espectro alimenticio estacional por clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), según el porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR). A) 66-85 mm, B) 86-125 mm, C) 126-155 mm. Ver Apéndice 1 para explicación de abreviaturas.

clase de talla III (Fig. 14C), consumieron en mayor proporción durante invierno a los tricópteros Hydroptilidae (42.80%) y Sericostomatidae (26.40%); en primavera, su dieta incluye una gran proporción de Hydropsychidae (60.40%) y Chironomidae (26.60%), y en verano sobresalen en la dieta Simuliidae (55.70%) y Sericostomatidae (21.90%); sin embargo en otoño, la dieta se compone en una gran proporción por tricópteros: Hydroptilidae (37.50%), Sericostomatidae (26.14%), e Hydropsychidae (10.80%). La dieta de las truchas incluidas en la clase de talla IV (Fig. 14D), está compuesta principalmente en invierno por Sericostomatidae (70.40%) e Hydroptilidae (20.25%); en primavera, registró como las presas más importantes a Hydropsychidae (33.50%) y Sericostomatidae (23.60%); en verano, su dieta se compone principalmente por Sericostomatidae (29.60%) y Simuliidae (27.20%); también en otoño, la dieta fue dominada por Sericostomatidae (42.40%) y Perlodidae (18.00%).

#### 4.1.3 Similitud Trófica

La similitud de la dieta de la trucha (todas las clases de talla combinadas) a través del año, registró el siguiente comportamiento: la dieta en primavera y verano fue significativamente similar (92.6%), tanto en composición como en las proporciones de las presas. Ambas estaciones presentaron una baja similitud trófica con aquellas formadas por invierno y otoño, con un valor de 22.5%. La similitud trófica de la trucha en otoño e invierno fue de 63.4%.

El comportamiento durante el año de la similitud trófica entre las clases de talla de la trucha, se ilustra en la Figura 15. En invierno (Fig. 15A) se registraron tres clases de talla (II, III, y IV), donde se registró una mayor afinidad alimenticia entre las clases II y III (91.4%). Durante primavera (Fig. 15B), es evidente la diferencia entre la dieta de las truchas  $\leq 85$  mm LP (clases I y II) y aquellas  $\geq 86$  mm LP (clases III y IV), con un valor de traslape de 33.3%; las clases I y II presentaron una gran similitud (94.5%), en cambio, las clases III y IV registraron una similitud de 67.6%. En verano (Fig. 15C), se registró un comportamiento distinto en la similitud trófica entre las clases de talla, en comparación a la estación anterior. En este caso, las clases I y III fueron más afines (88.9%), asimismo las clases I y II con 75.4%. Las tres clases de talla combinadas (I, II y III) presentaron una similitud trófica de 60.2% con relación a la clase de talla IV. En otoño (Fig. 15D), solamente estuvieron representadas por las clases II, III, y IV; siendo mayor la similaridad trófica entre las clases II y III (85.2%). La clase de talla IV presentó una baja similaridad trófica (53.0%) con respecto a las otras clases de talla, demostrando de nuevo, una diferencia significativa en la dieta de las truchas  $\leq 125$  mm LP y  $\geq 126$  mm LP.

La similitud trófica estacional para cada clase de talla se ilustra en la Figura 16. La clase de talla I (30 a 55 mm LP), solamente representada en primavera y verano, exhibieron una alta similitud trófica (93.2%). La clase de talla II (56 a 85 mm LP)

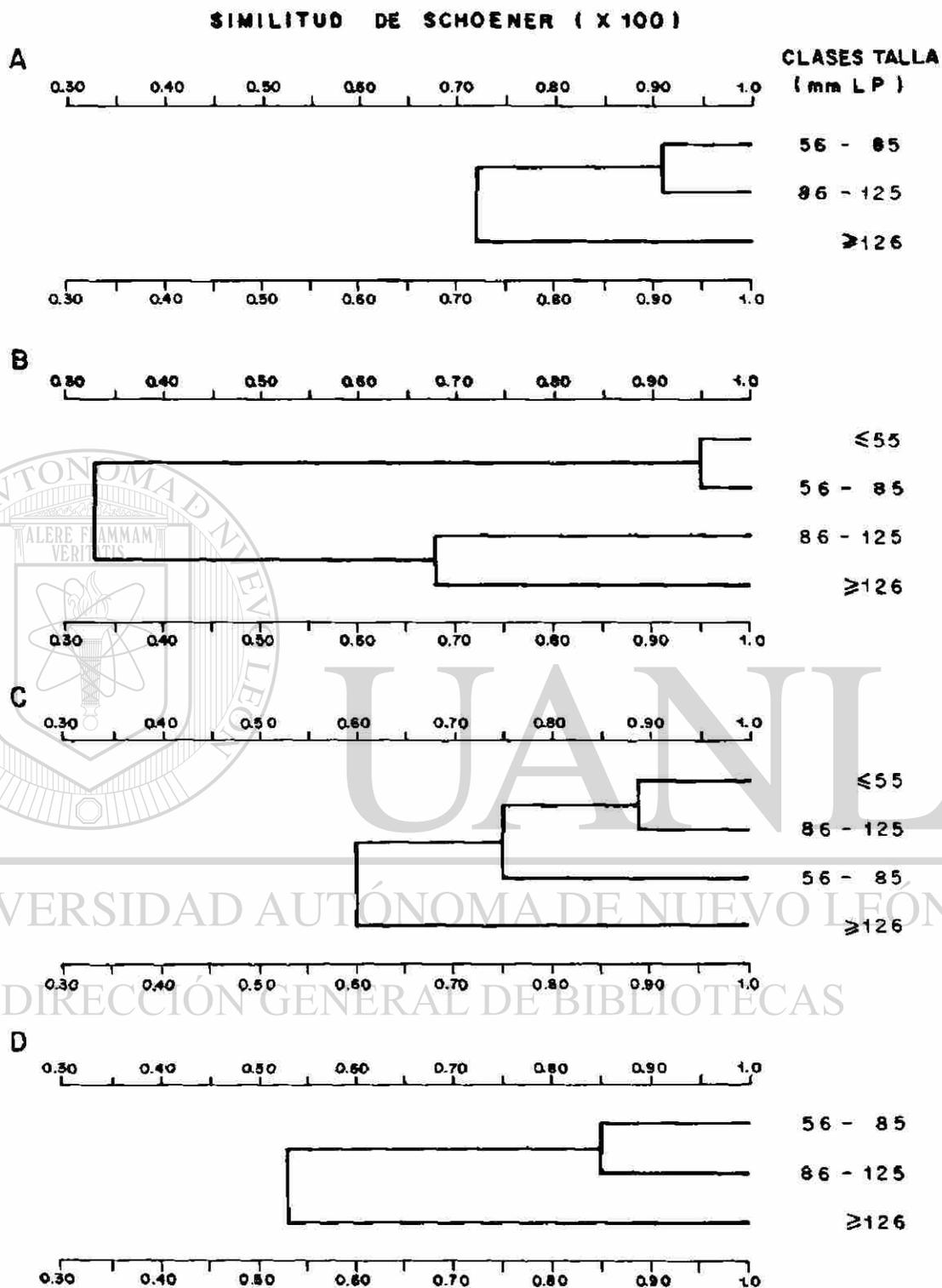


Figura 15. Similitud trófica estacional por clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987). A) Invierno, B) Primavera, C) Verano, y D) Otoño.

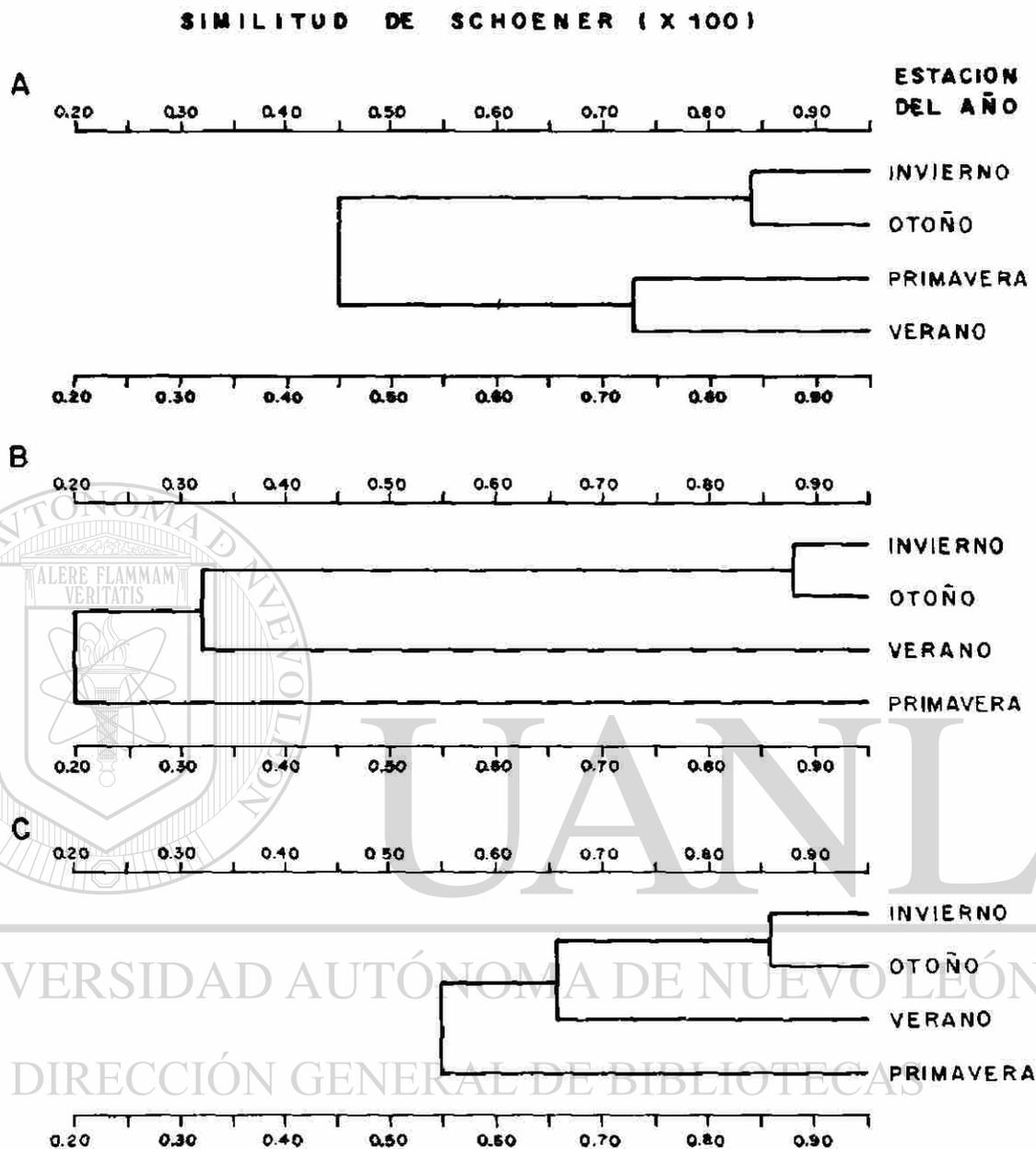


Figura 16. Similitud trófica estacional de cada clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987). A) 56 a 85 mm, B) 86 a 125 mm, y C)  $\geq 126$  mm LP.

su dieta fue muy similar en otoño e invierno (83.7%), pero en primavera y verano su similitud fue menor (73.3%; Fig. 16A). La clase de talla III (86 a 125 mm LP) registró una tendencia muy similar a la clase de talla anterior (Fig. 16B), siendo su dieta muy similar en otoño e invierno (88.4%); sin embargo, en primavera y verano su dieta fue muy disímil (25.5%). En la clase de talla IV ( $\geq 126$  mm LP) se presentó una alta similitud trófica en otoño e invierno (85.8%), al igual que en verano y otoño (67.8%); la dieta en primavera difiere notablemente (<60.0%) de las demás (Fig. 16C).

#### 4.1.4 Relación Tamaño de Presa y Tamaño de Boca de la Trucha

Los taxa presa de mayor tamaño consumidos por las truchas a través del año fueron las larvas del megalóptero Corydalidae ( $\bar{X}$ = 38 mm), del odonato Gomphidae (25 mm) y el ortóptero Tridactylidae (18.5 mm). Las presas de menor tamaño consumidas fueron Hydracarina (1.0 mm), Isopoda (1.2 mm), y Ostracoda (1.9 mm). Todas las presas antes citadas son de muy baja representación en la dieta (Tabla 2). En términos generales, el tamaño de presa consumido en mayor proporción por las truchas corresponde a larvas y pupas del díptero Simuliidae ( $\bar{X}$ = 5.5 mm), así como a las larvas de los tricópteros: Hydroptilidae ( $\bar{X}$ = 4.7 mm), Hydropsychidae ( $\bar{X}$ = 8.2 mm), y Sericostomatidae ( $\bar{X}$ = 5.4 mm).

El tamaño promedio de todas las presas combinadas por estómago y el tamaño de boca de la trucha, registraron una correlación significativa ( $r= 0.52$ , d.f.= 183,  $p<0.01$ ). A nivel

estacional, también fue significativa la correlación en primavera ( $r = 0.67$ ,  $d.f. = 47$ ,  $p < 0.01$ ), verano ( $r = 0.65$ ,  $d.f. = 39$ ,  $p < 0.01$ ), y otoño ( $r = 0.50$ ,  $d.f. = 57$ ,  $p < 0.01$ ). Sin embargo, en invierno no fue significativa la correlación ( $r = 0.28$ ,  $d.f. = 35$ ,  $p = 0.088$ ). Combinando todas las clases de talla de la trucha, el tamaño promedio de presas consumidas por estómago fue similar a través del año (Prueba Anova,  $F = 2.11$ ,  $p = 0.100$ ).

Por otra parte, el análisis de correlación entre el tamaño promedio de cada taxón presa (por estómago) y el tamaño de boca de la trucha, fue calculado a nivel estacional para los taxa presa más importantes en la dieta. En invierno, solo Hydroptilidae presentó una correlación significativa ( $r = -0.42$ ,  $p < 0.05$ ); durante primavera únicamente Simuliidae ( $r = 0.39$ ), Hydropsychidae ( $r = 0.65$ ), Leptophlebiidae ( $r = 0.39$ ), y Chironomidae ( $r = 0.51$ ), registraron valores significativos ( $p < 0.05$ ). Para verano, registraron significancia ( $p < 0.05$ ) Simuliidae ( $r = 0.37$ ) y Stratiomyidae ( $r = 0.58$ ); sin embargo en otoño, solamente Hydroptilidae ( $r = 0.56$ ) y Sericostomatidae ( $r = 0.68$ ) demostraron valores de correlación significativos ( $p < 0.05$ ).

Durante el año (todas las estaciones combinadas), el tamaño promedio de cada taxón presa (por estómago) entre las diferentes clases de talla de la trucha, fue significativamente diferente para Hydropsychidae (Prueba Kruskal-Wallis,  $H = 12.57$ ,  $p = 0.007$ ), Sericostomatidae ( $H = 32.59$ ,  $p = 0.000$ ), Simuliidae ( $H = 15.05$ ,  $p = 0.002$ ), e Hydroptilidae ( $H = 24.45$ ,  $p = 0.000$ ).

#### 4.1.5 Diversidad Trófica

Los promedios de diversidad trófica estacional (invierno  $\bar{X}=1.04 \pm 0.42$  SD, primavera  $\bar{X}=1.00 \pm 0.57$  SD, verano  $\bar{X}=1.08 \pm 0.54$  SD, y otoño  $\bar{X}=1.18 \pm 0.52$  SD) fueron estadísticamente similares (Prueba Anova,  $F=1.13$ ,  $p=0.339$ ). Tampoco fueron registradas diferencias significativas en la diversidad trófica entre las clases de talla (clase de talla I  $\bar{X}=1.01 \pm 0.54$  SD, clase de talla II  $\bar{X}=1.05 \pm 0.52$  SD, clase de talla III  $\bar{X}=1.14 \pm 0.47$  SD, y clase de talla IV  $\bar{X}=1.07 \pm 0.60$  SD; Prueba Anova,  $F=0.49$ ,  $p=0.691$ ).

#### 4.2 Población Arroyo La Grulla

##### 4.2.1 Composición Trófica Global

En el análisis cuantitativo del contenido estomacal de 46 ejemplares de trucha colectadas en el Arroyo La Grulla, durante marzo, agosto, y septiembre de 1990, fueron registrados como los taxa presa más importantes en términos del índice de importancia relativa (%IIRA) a las larvas de tricópteros (23.1%), larvas de dípteros (18.0%), coleópteros (16.4%), y gasterópodos (13.1%; Fig. 17). Otras taxa presa ( $n=5$ ) contribuyeron con el 29.4% en la dieta.

##### 4.2.2 Composición Trófica Estacional

Durante principios de primavera (marzo 24) la dieta de la trucha es dominada por gasterópodos (27.4%), larvas de dípteros (26.6%), anfípodos (18.3%), y tricópteros (12.0%; Fig. 18A). El

ESPECTRO TRÓFICO DE LA TRUCHA ARCOIRIS  
EN LA GRULLA, SSPM. 1990. N° 46.

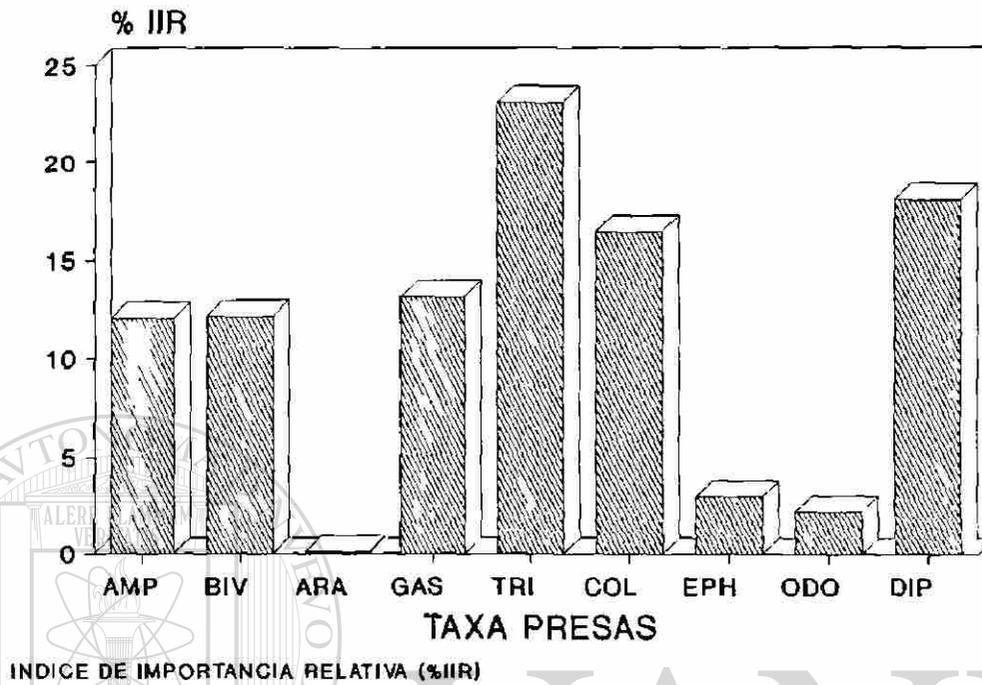


Figura 17. Espectro trófico global de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (marzo a septiembre 1990), según el índice de importancia relativa (%IIR).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

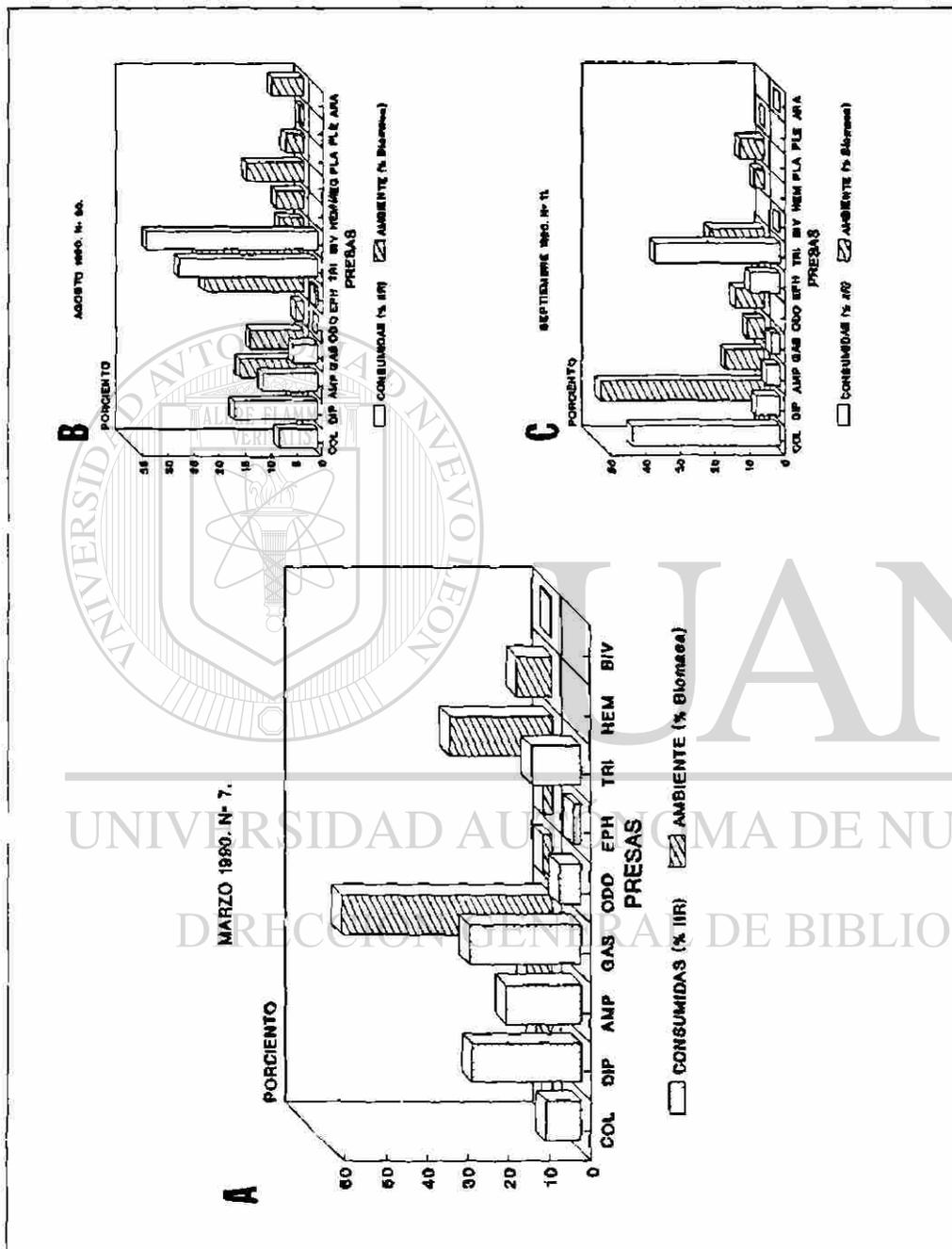


Figura 18. Composición trófica estacional de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) del Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (marzo a septiembre 1990), y su comparación con la disponibilidad de presas en el ambiente.

resto de taxa presa (n= 3) aportaron el 15.7%. En el verano (agosto 10), las truchas consumieron una mayor proporción de bivalvos (33.3%) y tricópteros (26.9%), seguido por larvas de dípteros (16.2%) y anfípodos (10.7%; Fig. 18B). Los gasterópodos (4.7%) y coleópteros (7.6%) fueron consumidos en menor proporción. En el inicio del otoño (septiembre 30), la dieta fue dominada por coleópteros (42.4%) y larvas de tricópteros (36.0%; Fig. 18C). El resto de las presas (n= 6) contribuyeron con el 21.6% en la dieta.

#### 4.2.3 Amplitud de Nicho Trófico y Similitud Proporcional

La amplitud de nicho (NB) trófico durante el año (todas las colectas combinadas) fue de 0.396, siendo mayor durante primavera (0.544) y menor en verano (0.336) otoño (0.310). El índice de similitud proporcional (PSI) durante el año fue de 0.431, siendo mayor en primavera (0.535) y menor en verano (0.450) y otoño (0.308). En todos los casos, existe una baja correspondencia entre la proporción de presas consumidas y la proporción de las mismas en el ambiente (Fig. 18A-C), lo cual indica una estrategia de utilización de recursos presa de tipo especialista. Esto es, la trucha se alimenta de un selecto repertorio de tipos de presa, los cuales no son los más abundantes o disponibles en el ambiente.

#### 4.2.4 Relación Tamaño de Presa y Tamaño de Boca de la Trucha

El tamaño promedio de presa (todas los taxa presa

combinados por estómago) y el tamaño de boca de la trucha registró una correlación no significativa durante el año ( $r=0.171$ ,  $t=1.138$ ,  $p=0.261$ ). El mismo patrón fue encontrado en primavera ( $r=0.591$ ,  $t=1.467$ ,  $p=0.216$ ), verano ( $r=0.125$ ,  $t=0.653$ ,  $p=0.520$ ), y otoño ( $r=0.532$ ,  $t=1.662$ ,  $p=0.140$ ). En todos los casos, el tamaño promedio de presa consumida fue independiente del tamaño de boca de la trucha.

## 5. ECOLOGIA Y HABITOS REPRODUCTIVOS

### 5.1 Diagnóstico Histológico de Estructuras Gonadales

Se examinó macroscópica (llenado gonádico) y microscópicamente (análisis histológico) las estructuras gonadales de 269 truchas colectadas (64.9 a 208 mm LP) de febrero de 1988 a febrero de 1989 en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir.

En el análisis macroscópico, 32 individuos no presentaron gónadas desarrolladas al ser disecados (65.4 a 129.9 mm LP); por lo cual, éstos fueron analizados histológicamente en cortes transversales. Solamente en 8 de ellos se logró identificar estructuras gonadales (es decir, 6 fueron inmaduros indiferenciados y 2 fueron inmaduros diferenciados hembra).

Los individuos inmaduros indiferenciados ( $\bar{X}=90.3$  mm LP, edad 0) mostraron un primordio gonadal el cual está rodeado por la membrana peritoneal. Dicha membrana está internamente constituida principalmente por células germinales primordiales y éstas a su vez inmersas en el tejido conjuntivo formado por

fibras colágenas, fibroblastos, vasos sanguíneos, y células mesenquimatosas (Lámina 9). Las células germinales primordiales (CGP) son de gran tamaño ( $\bar{X}$ = 5.6  $\mu$ m) y de forma oval a esférica, con un núcleo basófilo que ocupa casi todo el citoplasma, el cual es acidófilo y escaso. Las CGP están dispuestas formando nidos o agregados de células en número de 2 a 4, las cuales sufren divisiones mitóticas y que de acuerdo a su diferenciación genética, determinarán el sexo del organismo. Estas estructuras finalmente constituirán las células sexuales maduras (ovocitos y esperamatozoides).

Los organismos inmaduros diferenciados exhibieron ya la gonada diferenciada y correspondieron únicamente a individuos hembras. La gónada está rodeada por una cápsula de tejido conjuntivo denso regular, que se prolonga formando trabéculas o cavidades, en cuyo interior se encuentran los folículos delimitados por un epitelio germinal (Lámina 10). Dentro de los folículos se observan los oocitos previtelogénicos de tipo I y II. En el tejido conjuntivo, están embebidas células mesenquimatosas o intersticiales y células sanguíneas (principalmente eritrocitos).

## 5.2 Talla y Edad de Primera Madurez Sexual

El análisis microscópico de las estructuras gonádicas de 269 truchas examinadas, señala que solamente 187 individuos (69.51%) presentaron gónadas sexualmente maduras.

Considerando la frecuencia de ejemplares sexualmente

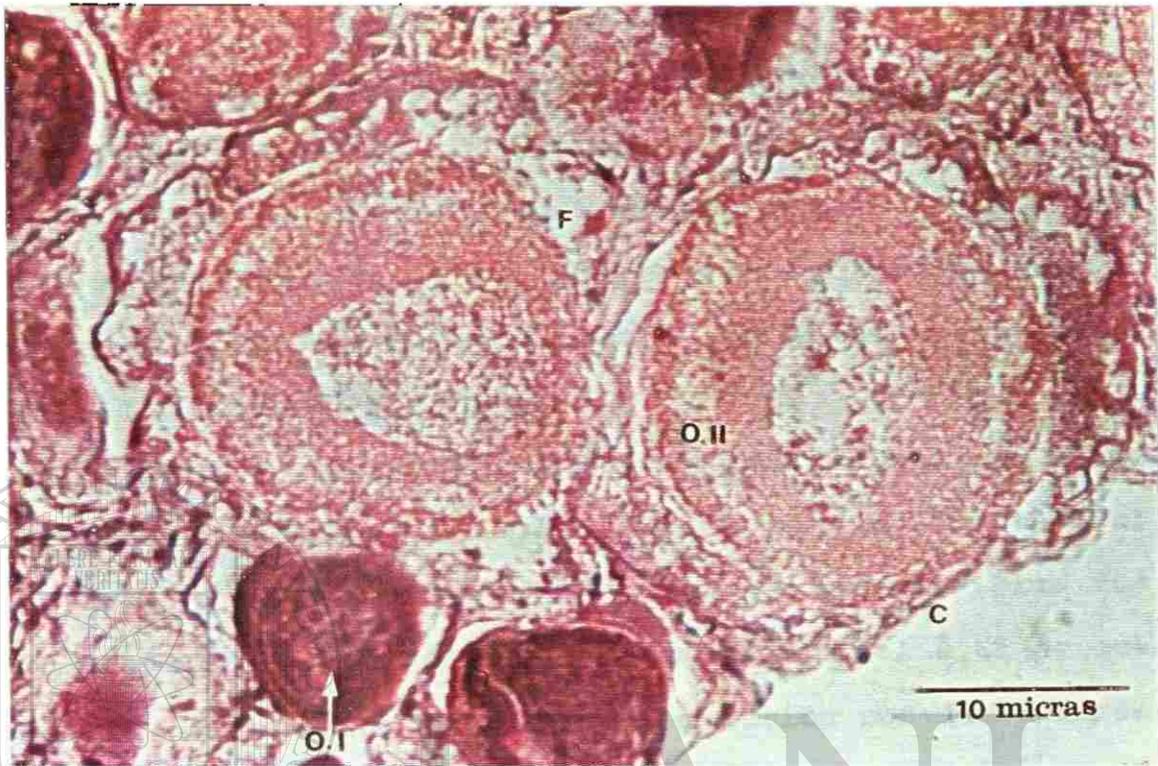


Lámina 10. Micrografía de la gónada diferenciada (ovario) de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*). Cápsula (C), folículo (F), oocitos previtelogénicos de tipo I (O.I) y tipo II (O.II). Tinción hematoxilina-eosina.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

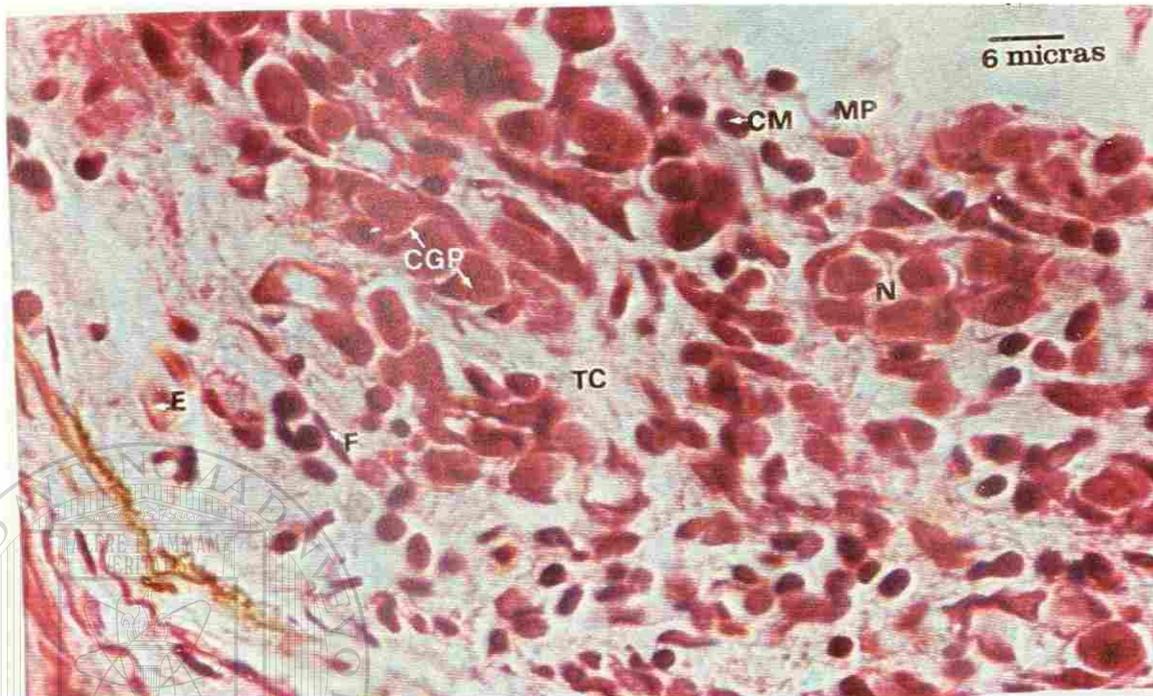


Lámina 9. Micrografía de la gónada indiferenciada de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*). Membrana peritoneal (MP), tejido conjuntivo (TC), fibroblastos (F), células germinales primordiales (CGP), células mesenquimatosas (CM), nidos de células (N), y eritrocitos (E). Tinción hematoxilina-eosina. ®

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

maduros por intervalo de talla (mm LP, ancho de clase= 10 mm), se observa que es a partir del intervalo de talla de 103-112 mm LP donde un porcentaje significativo de éstos (78.12%) son sexualmente maduros (Fig. 19); asimismo, es considerado como aquel en donde se inicia la primera madurez sexual. Después del intervalo antes referido, el porcentaje de ejemplares maduros se incrementa hasta ser virtualmente 100% a partir del intervalo de talla de 123-132 mm LP (Fig. 19).

El porcentaje de ejemplares sexualmente maduros por clase de edad y sexo, indica que a partir del primer año de vida el 84.0% (machos y hembras combinados) están ya maduros (Fig. 20; Láminas 11 y 12). Cabe indicar que, a la edad 0, el 8.6% de los machos fueron sexualmente maduros en comparación con las hembras (1.4%). Los individuos de 2, 3, y 4 años de edad, registraron un 100% de maduración (Fig. 20).

### 5.3 Índice Gonadosomático Relativo

El índice gonadosomático relativo ( $Gr$ ) registrado para las truchas (ambos sexos y sexos separados) del Arroyo San Rafael, durante febrero 1989 a febrero 1989, se describe a continuación:

A través del año el valor promedio ( $\bar{Gr}$ ) es cambiante y dependiente de la etapa de madurez sexual de los individuos. En ambos sexos combinados,  $\bar{Gr}$  exhibió un valor mínimo en mayo (0.148) cuando se incicia la formación de la gónada; a partir de allí,  $\bar{Gr}$  se incrementa gradualmente conforme transcurre el tiempo y alcanza un valor máximo en diciembre (4.570; Fig. 21), cuando

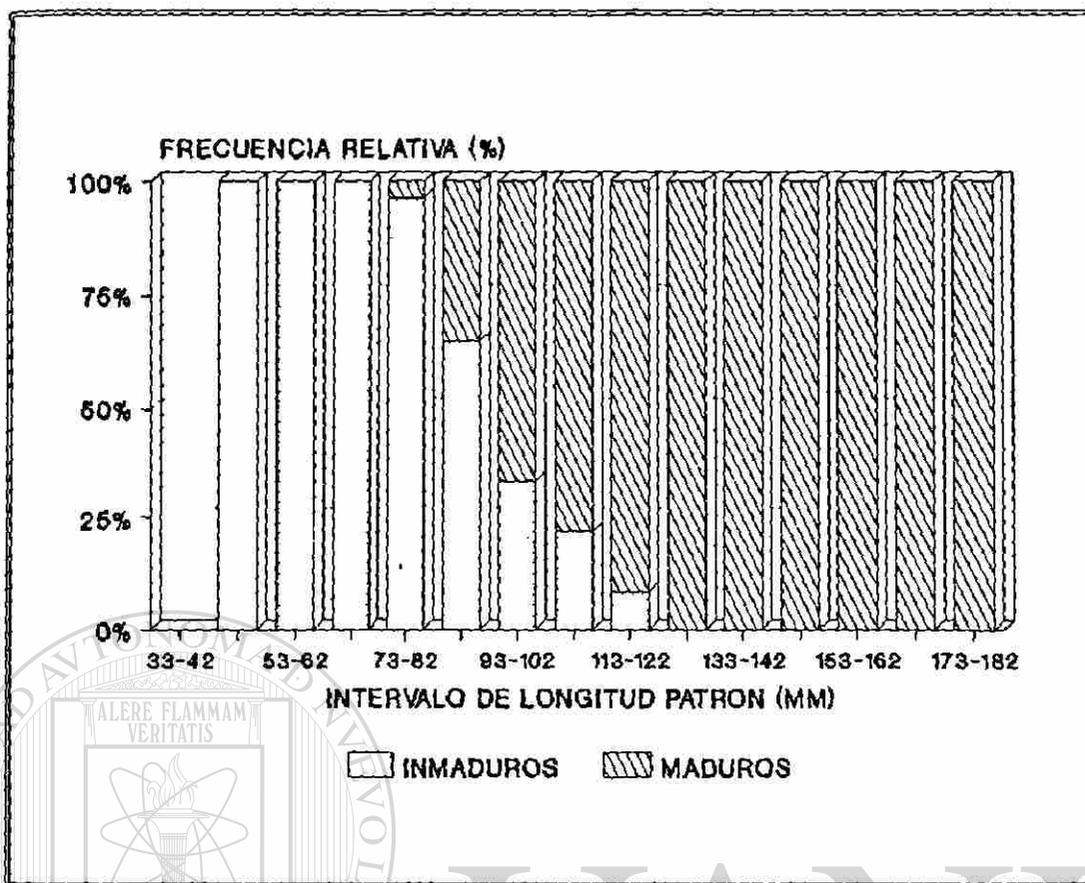


Figura 19. Frecuencia relativa de individuos maduros e inmaduros por clase de talla de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (febrero 1988 a febrero 1989). N= 269 individuos.

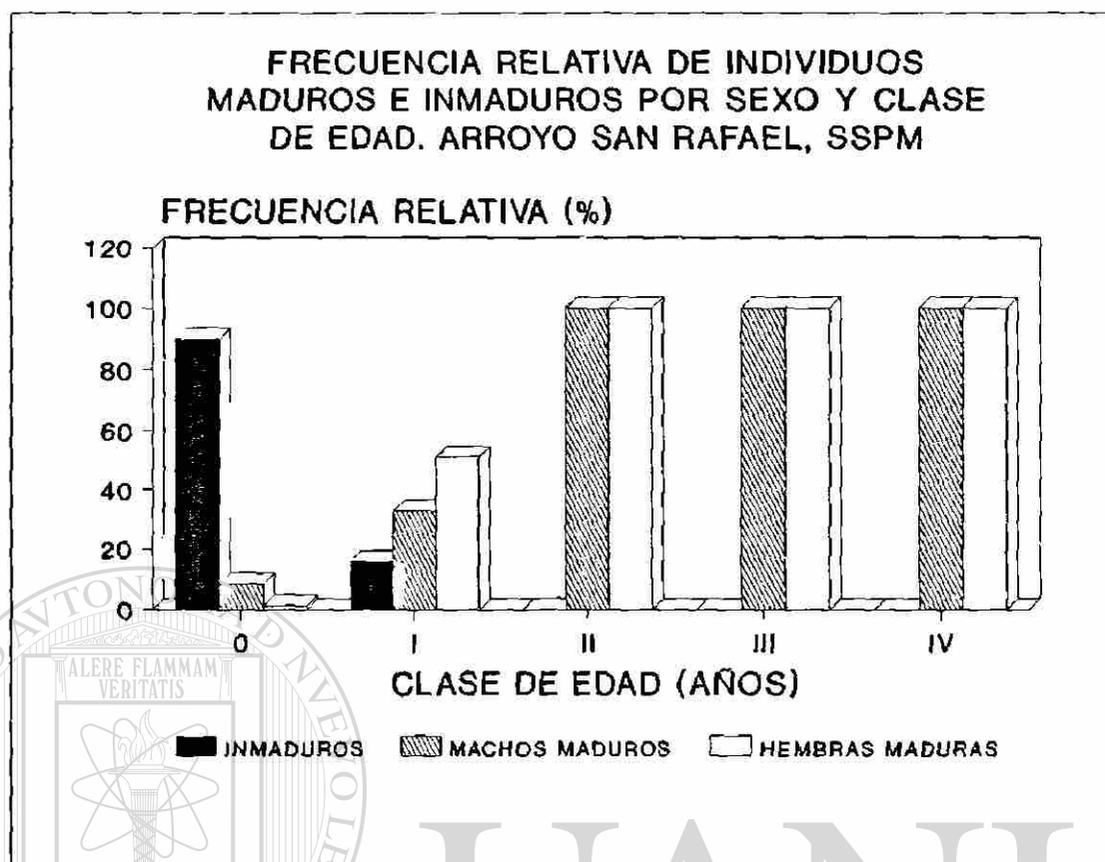


Figura 20. Frecuencia relativa de individuos maduros e inmaduros por sexo y edad de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (febrero 1988 a febrero 1989). N= 269 individuos.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

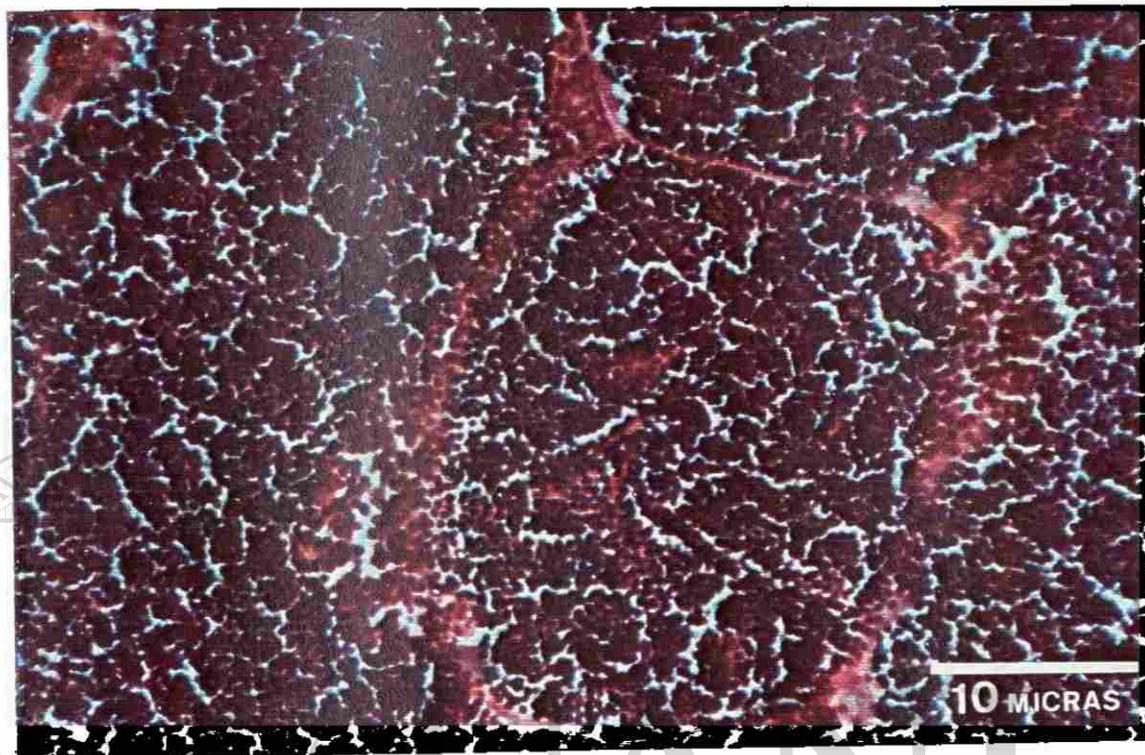


Lámina 11. Micrografía de la gónada madura (testículo) de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*). Tinción hematoxilina-eosina.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

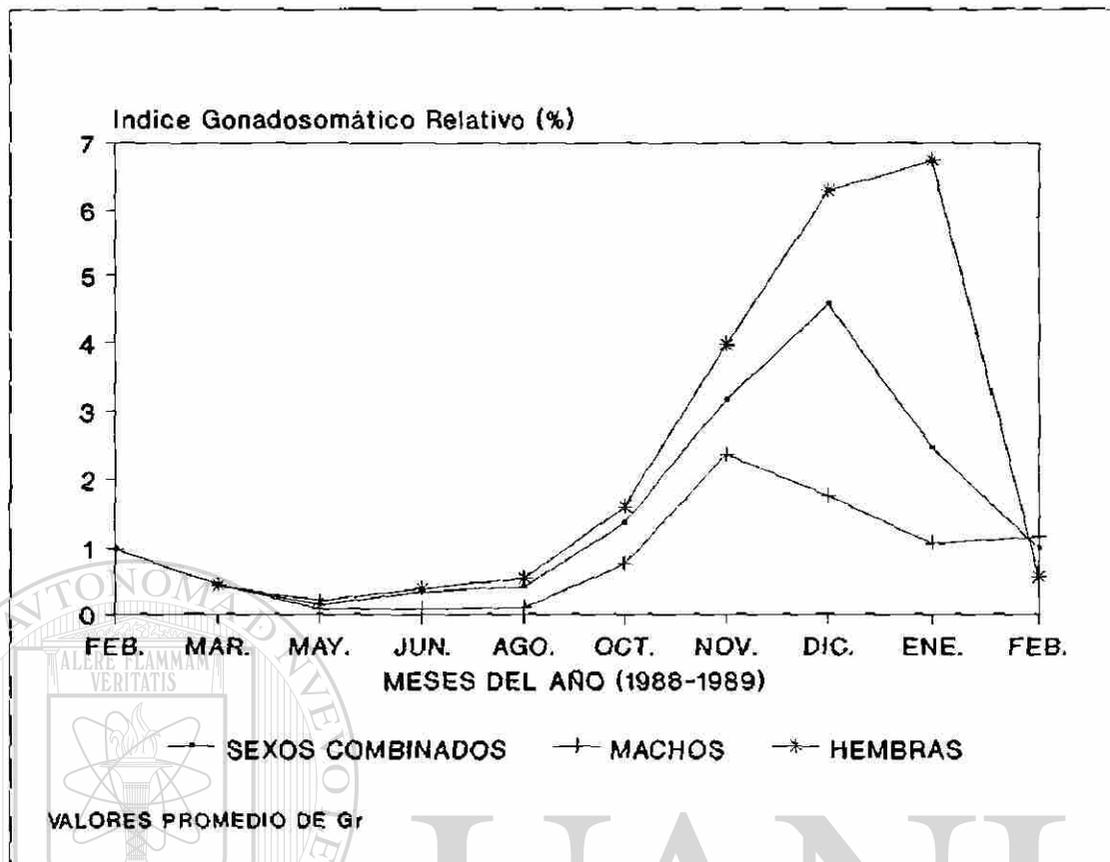


Figura 21. Índice gonadosomático relativo (sexos separados y combinados) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (febrero 1988 a febrero 1989).

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

los individuos exhiben un mayor desarrollo gonadal (mayor gravidez; Lámina 13). En los individuos machos, el valor más bajo de  $\bar{Gr}$  se registró en mayo (0.084) y el más alto en noviembre (2.363); en cambio en las hembras, el valor más bajo fue en mayo (0.209) y el más alto en enero (6.746; Fig. 21).

En el mes de febrero se presentó una mayor frecuencia de individuos con gónadas vacías y/o en reabsorción, lo cual indica la mayor intensidad del desove (Fig. 21).

El índice gonadosomático relativo ( $Gr$ ) de los individuos fue inversamente relacionado con su factor de condición relativo ( $K_n$ ;  $r = -0.644$ ,  $t = -2.384$ ,  $p = 0.044$ ).

#### 5.4. Fecundidad

La determinación de la fecundidad (número de óvulos ováricos producidos por hembra por período reproductivo) fue basada en 24 hembras en etapa grávida o reproductiva, las cuales fueron colectadas en noviembre y diciembre de 1988, y enero de 1989.

### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 5.4.1 Fecundidad Absoluta

La fecundidad absoluta promedio (ambas gónadas combinadas) fue de  $192 \pm 77$  ovos (15.34 ovos/cm LP). La fecundidad absoluta promedio de la gónada derecha fue de  $113 \pm 54$  ovos (ovocitos) y, para la izquierda,  $79 \pm 44$  ovocitos. El número promedio de ovocitos para los diferentes meses considerados se detalla en la Tabla 3.

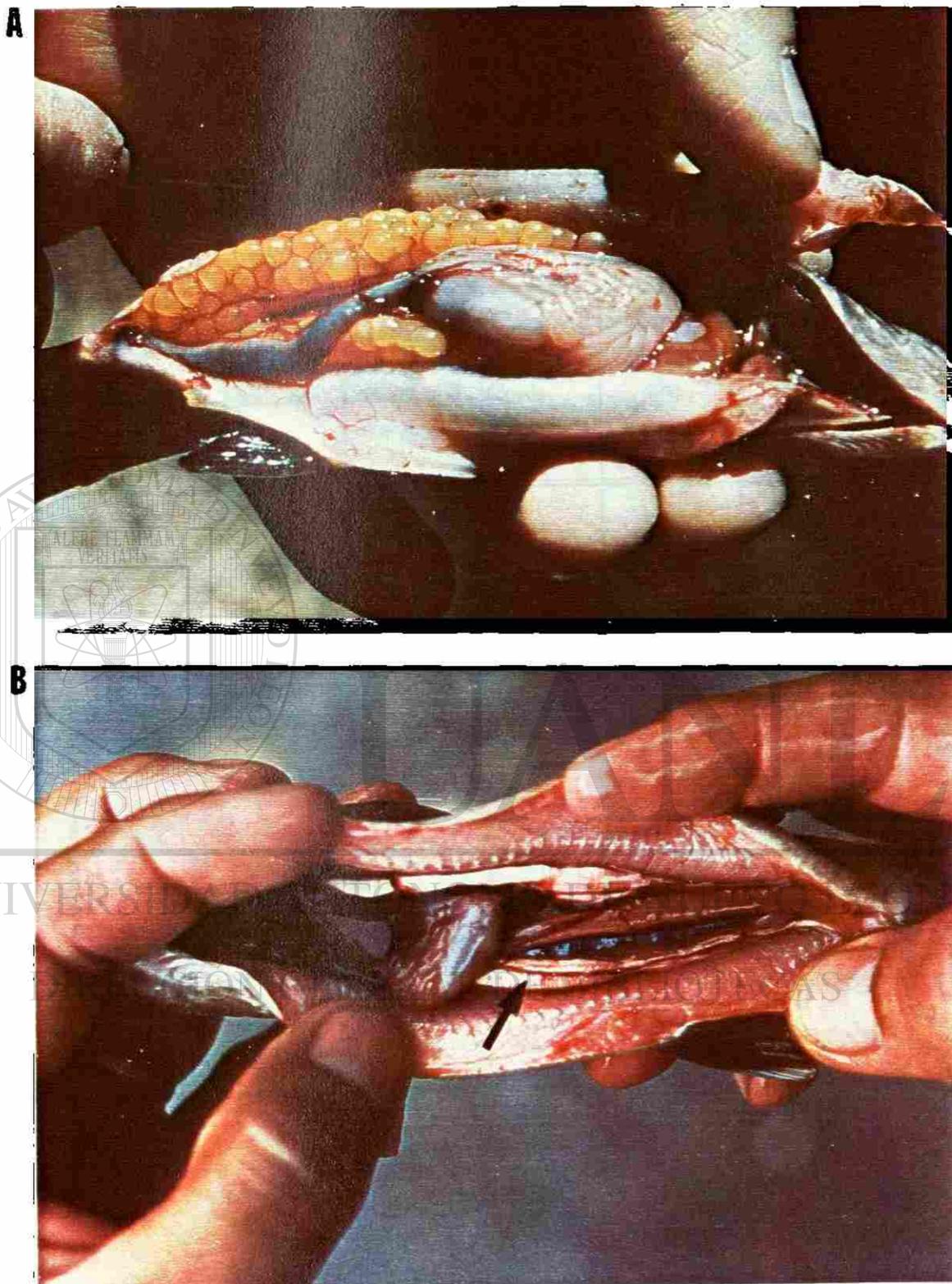


Lámina 13. (A) ovario de un ejemplar hembra de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) en etapa avanzada de desarrollo, (B) testículo de un ejemplar macho de trucha arcoiris en etapa avanzada de desarrollo.

Tabla 3. Fecundidad promedio a nivel individual (ambas gónadas combinadas) y por gónada (derecha e izquierda) de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*), del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, indicando el tamaño promedio del ovocito.

Mes	Número de organismos examinados (n)	Promedio de ovocitos. Gónada izquierda	Promedio de ovocitos. Gónada derecha	Fecundidad promedio	Diámetro Promedio de ovocitos (nm)
Noviembre de 1988	9	84.66	143.55	228.22	1.91
Diciembre de 1988	11	69.45	103.27	172.72	2.45
Enero de 1989	4	94.25	123.75	218.00	3.14

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 5.4.2 Tamaño de Ovocito

Los ovocitos que fueron separados de la gónada y posteriormente medidos en las etapas más avanzadas del desarrollo gonádico, presentaron un diámetro promedio que varía de 1.91 mm (noviembre) a 3.14 mm (enero) (Tabla 3). El diámetro promedio global (los tres meses combinados) fue de  $2.65 \pm 0.41$  mm (Tabla 3). El tamaño promedio del ovocito entre gónadas fue similar ( $t = 0.437$ ,  $p > 0.05$ ).

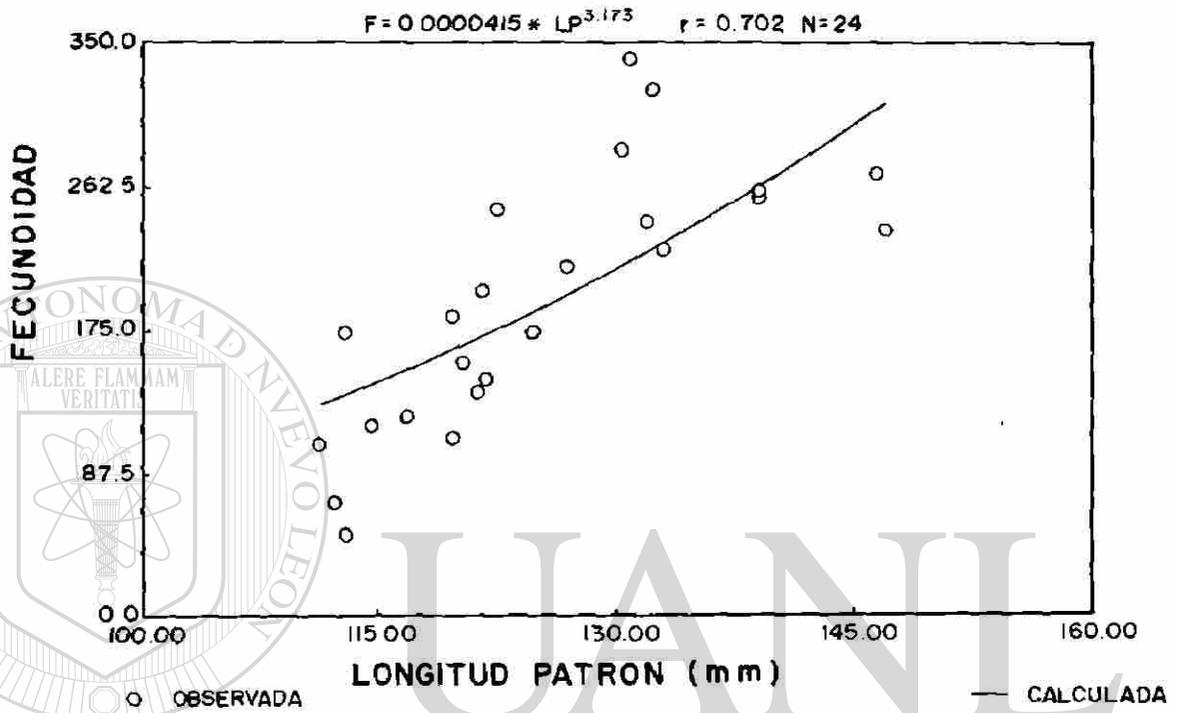
El diámetro promedio del ovocito registró una correlación significativa con la longitud ( $r = 0.427$ ,  $p < 0.05$ ); sin embargo, presentó una correlación no significativa ( $p > 0.05$ ) con el peso ( $r = 0.385$ ) y la edad ( $r = 0.218$ ). Asimismo, el tamaño promedio del ovocito fue independiente de su número en la gónada ( $r = 0.205$ ,  $p > 0.05$ ), es decir, su tamaño no está influenciado por la fecundidad observada.

#### 5.4.3 Fecundidad Relativa

La fecundidad de la trucha como una función de las variables biométricas de longitud, peso, y edad, se describe a continuación.

La fecundidad total (ambas gónadas combinadas) en función de la longitud patrón (mm LP) de la trucha es expresada por la ecuación:  $F = 0.0000415 LP^{3.173}$ , la cual denota una relación significativa entre ambas variables ( $r = 0.702$ ,  $p < 0.05$ ; Fig. 22).

La fecundidad total en función del peso (g) de la trucha es expresada como:  $F = 1.775 W^{1.316}$ , la cual indica una relación



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 22. Relación entre fecundidad y longitud patrón de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

significativa entre esas dos variables ( $r= 0.787$ ,  $p < 0.05$ ; Fig. 23).

La fecundidad total demostró una correlación significativa con la edad (años) de la trucha ( $r= 0.752$ ,  $p < 0.05$ ).

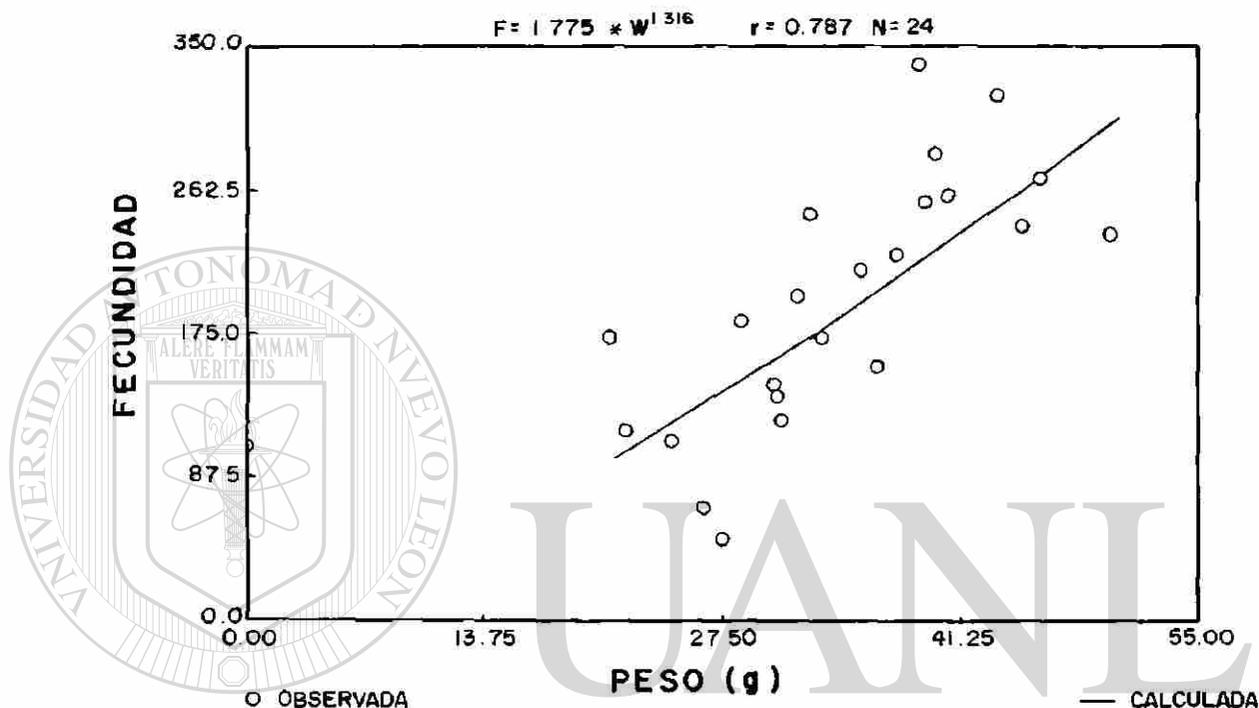
La relación entre el tamaño de la gónada y el número de ovocitos observados en ella, solamente fue significativa ( $p < 0.05$ ) para la gónada izquierda ( $r= 0.595$ ). La misma tendencia fue registrada entre el peso de la gónada izquierda y el número de ovocitos contenidos en ella ( $r= 0.691$ ).

## 6. AMBITO CASERO Y SU RELACION CON EL HABITAT

### 6.1 Tamaño del Ambito Casero

De un total de 151 truchas marcadas en el Arroyo San Rafael durante octubre 1988 a diciembre 1989, 43 (28%) fueron recapturadas. El valor promedio de la amplitud de ámbito casero durante el año fue  $14.6 \pm 16.5$  m. El mayor desplazamiento de los individuos ( $\bar{X}= 33.92$  m) se registró en febrero de 1989, y el más bajo ( $\bar{X}= 4.4$  m) en mayo y agosto de 1989 (Fig. 24). El rango de desplazamiento observado fue de 3 y 70 m.

Veintidós de los ejemplares marcados recapturados exhibieron un ámbito casero  $\leq 6.0$  m, demostrando una marcada tendencia de permanencia en sitios específicos del arroyo (pozas) ya que fueron recapturados 2 o más veces en los sitios originales de captura.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 23. Relación entre fecundidad y peso de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

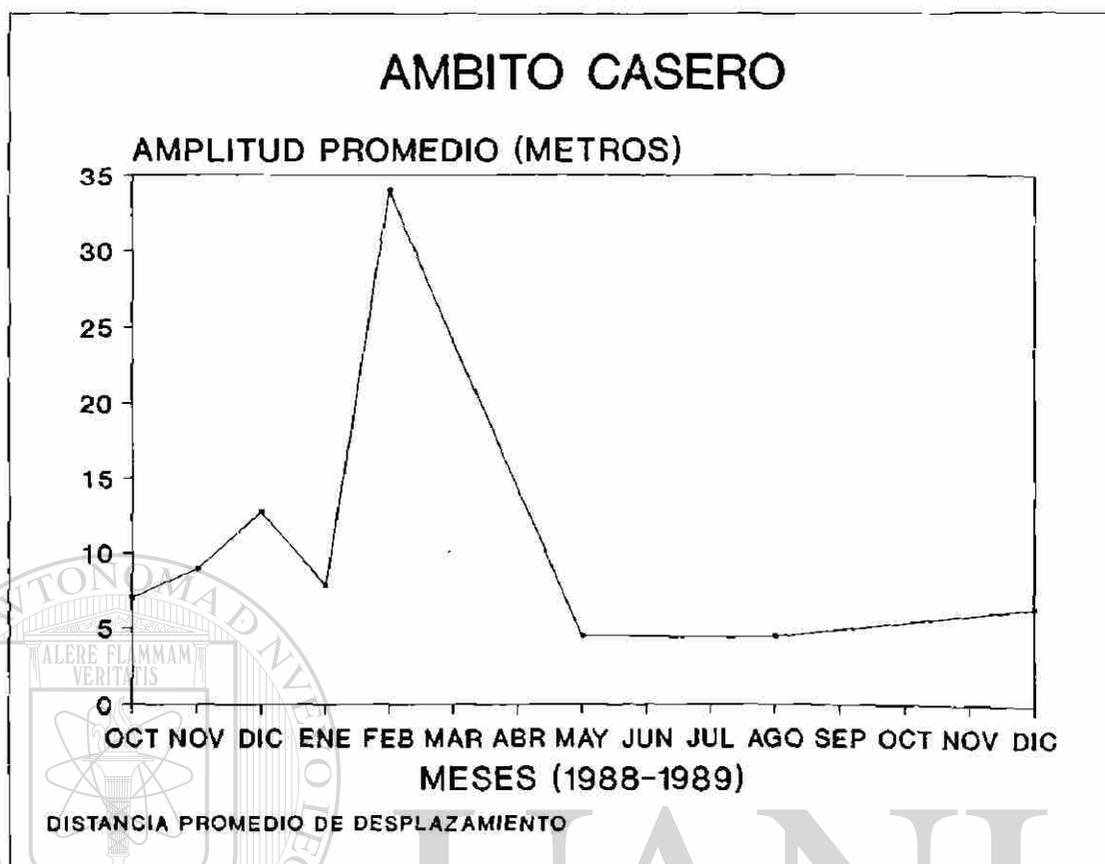


Figura 24. Amplitud del ámbito casero de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (octubre 1988 a diciembre 1989).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 6.2 Relación del Tamaño del Ambito Casero con el Habitat

Los resultados del análisis de correlación ( $r_s$ ) entre la amplitud del ámbito casero y cada una de las características más importantes del habitat de la trucha, se ilustran en la Tabla 4. La amplitud del ámbito casero registró una correlación significativa ( $p < 0.05$ ) con la descarga ( $r_s = 0.714$ ), profundidad ( $r_s = 0.810$ ), y la densidad de presas de deriva ( $r_s = 0.741$ ); sin embargo, registró una baja correlación ( $p > 0.05$ ) con la densidad de presas bentónicas, diversidad de presas (bentónicas y de deriva), biomasa absoluta de presas (bentónicas y de deriva), temperatura del agua, anchura, y velocidad de la corriente (Tabla 4).

El tamaño del ámbito casero fue similar entre las diferentes clases de talla de la trucha (Prueba Ji-cuadrada,  $\chi^2 = 1.223$ ,  $p = 0.874$ ); es decir, el tamaño del ámbito casero de la trucha es independiente de su talla (Tabla 5).

La frecuencia de truchas marcadas recapturadas por clase de talla y tipo de sustrato, indica que éstas demuestran una exclusiva preferencia por habitar los sitios (pozas) de sustrato arenoso (diámetro 0.0625 a 1.9 mm; Tabla 6).

La amplitud del ámbito casero fue significativamente diferente a nivel estacional ( $F = 3.07$ ,  $p = 0.028$ ), siendo mayor durante la estación de invierno (20.86 m) y menor en primavera (4.49 m) y verano (4.42 m).

A nivel estacional, tanto la densidad de presas de deriva ( $F = 0.31$ ,  $p = 0.872$ ), como la densidad de presas bentónicas ( $F =$

Tabla 4. Análisis de correlación entre el tamaño del ámbito casero (distancia promedio desplazada) de la trucha, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, con los factores bióticos y abióticos de su habitat (octubre 1988 a diciembre 1989).

Valores promedio	Correlación Spearman ( $r_s$ )	Nivel de Significancia (p)
FACTORES ABIOTICOS		
Velocidad de corriente (m/s)	0.595	> 0.05
Gasto (descarga) m <sup>3</sup> /s	0.714	0.048*
Anchura del arroyo (m)	0.190	> 0.05
Profundidad (m)	0.810	0.019*
Temperatura del agua (°C)	- 0.387	> 0.05
FACTORES BIOTICOS		
Densidad de presas (deriva)	0.741	0.053*
Densidad de presas (bentónicas)	0.190	> 0.05
Diversidad de presas (deriva)	0.732	> 0.05
Diversidad de presas (bentónicas)	0.857	> 0.05
Biomasa de presas (bentónicas)	0.400	> 0.05
Biomasa de presas (deriva)	0.300	> 0.05

\* Significancia alpha = 0.05

Tabla 5. Frecuencia de la talla de la trucha, (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) en relación al tamaño de su ámbito casero, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (octubre 1988 a diciembre 1989).

Talla (mm LP)	Tamaño del ámbito casero (m)		
	< 5.0	5.1 - 15.0	15.1
< 130	6	5	6
131 - 150	1	3	2
> 150	7	6	6

$$\chi^2 = 1.223$$

$$p = 0.874 \text{ (no significativa)}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 6. Frecuencia de la talla de la trucha, (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) según el tipo de sustrato, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (octubre 1988 a diciembre 1989).

TALLA (mm LP)	*TIPO DE SEDIMENTO			
	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA
< 130	0	17	0	0
131-150	0	6	0	0
> 150	0	18	0	0

\* Clasificación de Wentworth.

Grava = Diámetro > 2 mm

Arena = Diámetro 0.0625-1.9 mm

Limo = Diámetro 0.0030-0.0058 mm

Arcilla = Diámetro 0.00024-0.00389 mm

0.59,  $p = 0.672$ ) fueron estadísticamente similares ( $p > 0.05$ ) a través del año, respectivamente.

### 6.3 Densidad de Truchas por Unidad de Area

La densidad promedio estimada de truchas por unidad de área (número de individuos/sección de 200 metros de arroyo) en el Arroyo San Rafael, durante un período de seis años (marzo de 1987 a marzo de 1993) se ilustra en la figura 25. La densidad promedio de truchas se mantuvo relativamente estable de marzo de 1987 a agosto de 1989 ( $\bar{X} = 51.94$  individuos/200 m; rango = 26 a 98; Fig. 25A), y después de esa fecha, la densidad promedio descendió fuertemente a 5.143 individuos/200 m (rango = 0 a 14, Fig. 25B) debido muy probablemente a la alta mortalidad de truchas causadas por el asolvamiento del arroyo con cenizas procedentes del fuego forestal de agosto de 1989.

La densidad promedio de truchas antes del incendio forestal de agosto de 1989 fue de 0.047 individuos/  $m^2$ , y posterior a éste, fue de 0.005 individuos/ $m^2$ .

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 7. CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DEL HABITAT DE LA TRUCHA

#### 7.1 Características Geomorfológicas

Los arroyos donde se distribuye la trucha se caracterizan topográficamente por tener sus valles fluviales en forma de "V" de pendiente muy pronunciada, que permite la formación de sistemas de rabiones o de corriente. En ellos existe poca acumulación de materia orgánica y la presencia de un sustrato



"limpio" compuesto de arena y grava de naturaleza ganítica.

La mayoría son bastante someros y no sobrepasan los 50 centímetros de profundidad, aunque algunas pozas pueden alcanzar profundidades mayores de 1.5 metros, principalmente debajo de las pequeñas cascadas. Pozas de mediana profundidad (1.5 a 2.0 m) se localizan en el Arroyo La Grulla (Lámina 2B) y el Arroyo San Rafael. Estas pozas son formadas debido a la discontinuidad del relieve topográfico y al efecto erosivo de la corriente sobre el fondo; asimismo, pueden ser formadas por el represamiento natural causado por la presencia de troncos caídos, rocas, y sedimento. La presencia de dichas pozas puede ser de tipo temporal y dependiente de los niveles de flujo de los arroyos, dado que en la estación de lluvias (invierno) éstas se asolvan por la entrada de sedimento vía lavado del suelo de zonas aledañas, ó bien desaparecer por rompimiento de la estructura del represo natural, por el efecto de las fuertes avenidas típicas de la estación de lluvias.

Durante Agosto de 1989, se registró un fuerte asolvamiento de las pozas del Arroyo San Rafael, debido a la acumulación de cenizas procedentes de un incendio forestal en las inmediaciones de la cabecera de dicho arroyo (Tabla 7).

## 7.2 Características Sedimentológicas

Los sedimentos de los arroyos de la SSPM están compuestos por altos porcentajes de arena: Arroyo El Potrero (90.9%), Arroyo Santa Cruz (92.6%), y Arroyo San Rafael (93.1%). Asimismo,

Tabla 7. Caracterización fisiográfica e hidrométrica de los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

Arroyo	Fecha día/mes/año	Valores Promedio			
		Anchura (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Descarga (m <sup>3</sup> /s)
San Rafael	05-10-88	5.87	0.3206	0.504	0.854
	05-11-88	5.77	0.3792	0.558	1.099
	11-12-88	5.72	0.4091	0.771	1.624
	21-01-89	5.69	0.4238	0.878	1.906
	19-02-89	5.67	0.4386	0.985	2.204
	20-05-89	5.76	0.3452	0.780	1.396
	20-08-89	5.44	0.2823	0.462	0.639
	10-12-89	4.71	0.1397	0.201	0.119
	PROMEDIO	5.58	0.3420	0.642	1.230
La Grulla	23-03-90	2.08	0.3100	0.170	0.099
	11-08-90	5.78	0.3000	0.130	0.203
	30-09-90	3.58	0.1700	0.130	0.071
	24-10-92	8.90	0.2350	0.055	0.104
	PROMEDIO	5.09	0.2540	0.121	0.119
El Potrero	11-03-89	4.11	0.1200	0.320	0.142
	17-06-89	1.88	0.2300	0.160	0.062
	26-09-89	3.76	0.0700	0.210	0.050
	PROMEDIO	3.20	0.1400	0.230	0.085
Santa Cruz	12-03-89	2.93	0.0580	0.250	0.038
	18-06-89	3.15	0.0450	0.100	0.013
	26-09-89	2.56	0.0580	0.050	0.007
	PROMEDIO	2.88	0.0540	0.130	0.019
San Antonio	29-06-91	5.82	0.0800	0.380	0.159
	17-06-92	4.86	0.1160	0.337	0.171
	PROMEDIO	5.34	0.0980	0.359	0.165
Valladares	19-06-92	4.52	0.3160	0.265	0.341
Vallecitos	20-03-92	3.81	0.1200	0.630	0.259

presentan un bajo porcentaje de materia orgánica (0% a 1.6%,  $\bar{X}$ = 0.83%).

### 7.3 Características Hidrométricas

En referencia a los niveles de flujo o descarga de los arroyos de la SSPM, éstos son de carácter fluctuante y dependientes de las condiciones meteorológicas presentes, teniendo máximas descargas en invierno debido a los aportes del agua de lluvia (escorrentía) y menores en el verano. Las características hidrométricas de los arroyos de SSPM, se detallan en la Tabla 7.

El Arroyo San Rafael registró el nivel de flujo o descarga más alto durante el período de estudio ( $\bar{X}$ = 1.230 m<sup>3</sup>/s) debido a su mayor anchura, profundidad, y velocidad de la corriente (Fig. 26), seguido por los arroyos Valladares ( $\bar{X}$ = 0.341 m<sup>3</sup>/s) y Vallecitos (de naturaleza temporal;  $\bar{X}$ = 0.259 m<sup>3</sup>/s). Los arroyos de bajo caudal como El Potrero ( $\bar{X}$ = 0.085 m<sup>3</sup>/s) y Santa Cruz ( $\bar{X}$ = 0.019 m<sup>3</sup>/s) registraron niveles de flujo muy bajos (Fig. 26). ®

Solamente se registró la presencia de trucha en los arroyos San Rafael, La Grulla, San Antonio, La Zanja, y El Potrero.

### 7.4 Características Físico-químicas

La calidad físico-química del agua en los arroyos de la SSPM es variable en cada uno de ellos, dependiendo de las características geomorfológicas e hidrométricas presentes, así como de las condiciones meteorológicas presentes. En la Tabla 8,

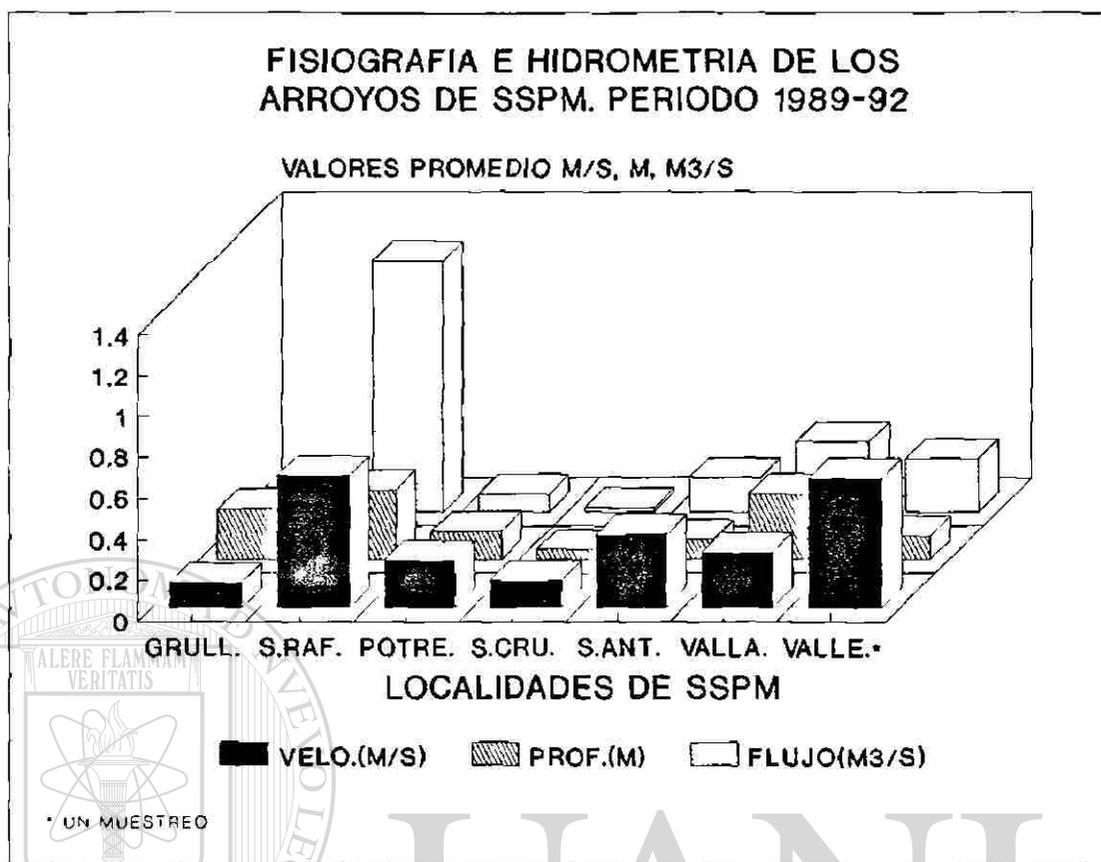


Figura 26. Características fisiográficas e hidrométricas de los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 8. Caracterización físico-química del agua de los arroyos de la pendiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

Arroyo	Fecha día/mes/año	pH	DT	Ca	Mg	Si	PO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>
San Rafael	19-02-89	8.0	116	--	--	--	<0.2	<0.2
	20-05-89	8.4	120	55	65	8	<0.2	<0.2
	20-08-89	8.4	140	75	65	20	<0.2	<0.2
	24-10-89	8.2	116	84	32	20	<0.2	<0.2
	10-12-89	8.2	108	76	32	20	<0.2	<0.2
	20-07-90	8.7	116	76	40	5	<0.2	<0.2
	Promedio	8.3	119.3	73.2	46.8	14.6	<0.2	<0.2
La Grulla	23-03-90	8.4	72	64	8	12	<0.2	<0.2
	11-08-90	7.9	58	54	4	11	<0.2	<0.2
	30-09-90	8.1	64	62	2	12	<0.2	<0.2
	24-10-92	8.0	--	--	--	16	<0.2	<0.2
	Promedio	8.1	64.7	60.0	4.7	12.8	<0.2	<0.2
El Potrero	11-03-89	8.0	96	76	20	18	<0.2	<0.2
	17-05-89	8.1	108	64	44	24	<0.2	<0.2
	26-11-89	8.1	100	72	28	32	<0.2	<0.2
	Promedio	8.1	101	71	31	25	<0.2	<0.2
Santa Cruz	12-03-89	8.0	200	126	74	30	<0.2	<0.2
	18-05-89	7.4	200	92	108	20	<0.2	<0.2
	26-11-89	7.5	200	120	80	32	<0.2	<0.2
	26-04-91	8.2	140	100	40	20	<0.2	<0.2
	Promedio	7.8	185	109.5	75.5	25.5	<0.2	<0.2
San Antonio	29-06-91	8.2	111	78	33	19	<0.2	<0.2
	18-06-92	8.3	116	80	36	22.5	<0.2	<0.2
	Promedio	8.3	113.5	79	34.5	20.8	<0.2	<0.2
Valladares	19-06-92	8.2	136	88	48	30	<0.2	<0.2
Vallecitos	20-03-92	7.7	32	29.3	1.3	0.5	<0.2	<0.2

se presentan las características físico-químicas registradas en los diferentes arroyos durante el período de estudio.

#### 7.4.1 Temperatura del Aire y del Agua

La temperatura del aire y del agua registrada a las 11:00 horas (Tiempo Estándar del Pacífico, TSP) en el Arroyo San Rafael, de enero de 1987 a diciembre de 1989, se ilustra en la Figura 27. Asimismo, la temperatura (aire y agua) registrada a diferentes horas del día durante algunos de los muestreos (arroyos San Rafael y San Antonio), se detalla en la Tabla 9.

#### 7.4.2 Potencial de Iones Hidrógeno (pH)

Las aguas que drenan superficialmente la sierra antes aludida, se distinguen por ser ligeramente alcalinas, con valores de pH entre 7.7 y 8.3. Los arroyos San Rafael y San Antonio, poseen los valores promedio más altos de pH durante el año ( $\bar{X}=8.3$ ), en cambio los arroyos Santa Cruz y Vallecitos registraron valores promedio de pH más bajos con 7.8 y 7.7, respectivamente (Fig. 28).

#### 7.4.3 Dureza Total

La dureza total del agua de los arroyos de la SSPM, es variable entre ellos (Fig. 29) y cambiante a través del año (Tabla 8). La dureza total fue mayor en el Arroyo Santa Cruz ( $\bar{X}=185$  ppm) y menor en los arroyos Vallecitos ( $\bar{X}=32$  ppm) y La Grulla ( $\bar{X}=64.7$  ppm; Fig. 29).

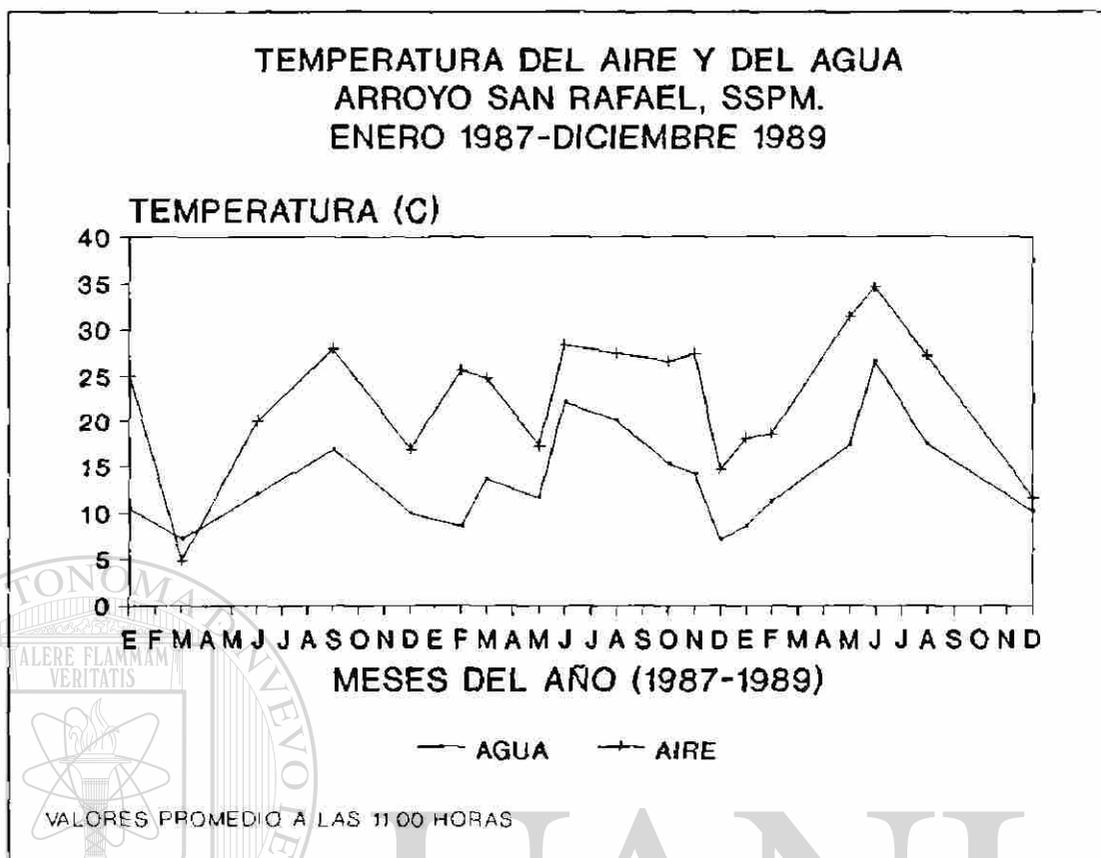


Figura 27. Temperatura ambiental y del agua en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante el período de enero 1987 a diciembre 1989.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 9. Mediciones de temperatura y oxígeno disuelto a diferentes horas del día en los arroyos San Rafael (febrero 1988 a enero 1992) y San Antonio (junio 1992), de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

Arroyo	Fecha día/mes/año	<sup>1</sup> Horas del día	<sup>2</sup> Temperatura		<sup>3</sup> Oxígeno (ppm)	
			Aire (°C)	Agua (°C)		
San Rafael	11/II/88	1035	25.6	8.6		
		1550	18.8	14.6		
		1645	16.4	13.0		
	26/III/88	1910	8.6	12.0		
		1015	24.8	13.6		
		1323	21.8	20.8		
	8/V/88	1630	22.2	19.8		
		1012	17.2	11.6		
		1328	19.2	18.8		
	29/VI/88	1049	28.4	22.0		
		1557	31.2	29.4		
	20/VIII/88	1044	27.5	20.0		
		1750	26.0	24.0		
		5/X/88	1045	26.6	15.2	
	5/XI/88	1435	27.4	21.4		
		1715	22.6	22.2		
		2213	16.0	17.4		
		0715	10.2	11.4		
		1021	27.4	14.2		
		1330	26.6	19.2		
		1628	21.2	18.6		
		11/XII/88	0805	11.4	6.4	
		1034	14.6	7.2		
		1350	16.4	8.6	9.0	
		1520	16.8	11.2		
	21/I/89	1044	18.8	8.6	10.5	
		1200	19.4	10.5		
	19/II/89	1320	17.1	10.1		
		0805	11.4	6.4		
		1126	18.6	11.2		
		1230	16.2	14.4		
		1612	16.2	14.5	10.6	
		0603	13.4	13.0		
		0830	---	13.3	9.2	
	20/V/89	1036	31.4	17.0		
		1250	---	21.1	8.4	
		0015	14.0	19.0	8.0	
		0615	12.8	12.6		
		1105	27.2	17.4	8.6	
		1135	30.2	18.6		
		1510	29.2	25.6	7.2	
		1510	29.2	25.6	7.2	
		25/I/92	0715	-1.0	5.2	12.0
			0805	0.0	5.2	
	0900		9.0	6.0		
	1053		21.0	9.0		
	1458		21.2	13.2		
1630	12.0		12.8	10.8		
1742	6.0		11.6			
1830	4.0		11.0			
1945	2.0		10.0			
2030	1.0		9.0	12.2		
2151	1.0		8.0			
2220	3.0		7.8			
San Antonio 17/VI/92	0410		---	16.4		
	0630	---	15.4			
	0735	---	15.2			
	0855	---	16.2			
	0947	---	17.6			
	1040	---	20.0			
	1122	27.2	21.4	8.6		
	1300	---	25.2			
	1400	---	26.6			
	1720	28.2	26.2	8.0		
	1930	---	22.8			
	2024	---	22.0			
	2124	---	21.0			

<sup>1</sup>Tiempo Estándar del Pacífico.

<sup>2</sup>Temperatura medida con un termómetro digital (precisión  $\pm 0.2$  °C)

<sup>3</sup>Oxígeno disuelto determinado por el método de Winkler (Lamotte Chemical).

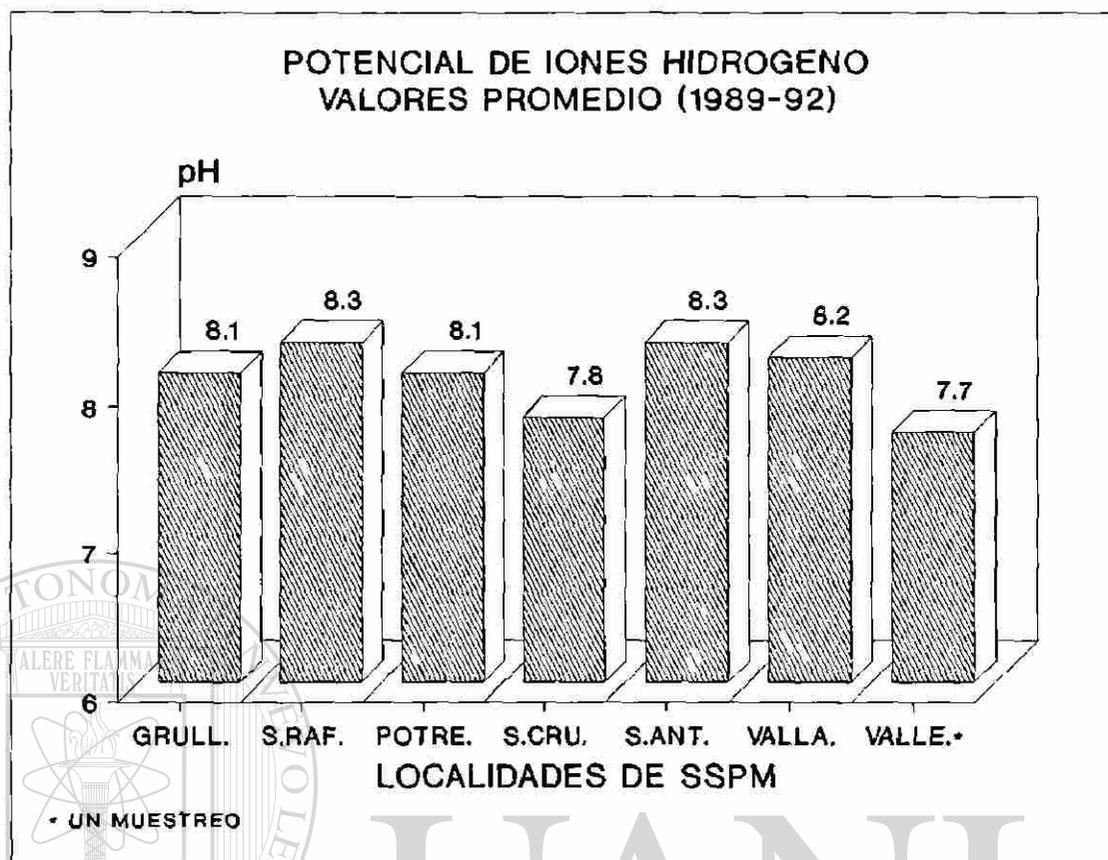


Figura 28. Potencial de iones hidrógeno en los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

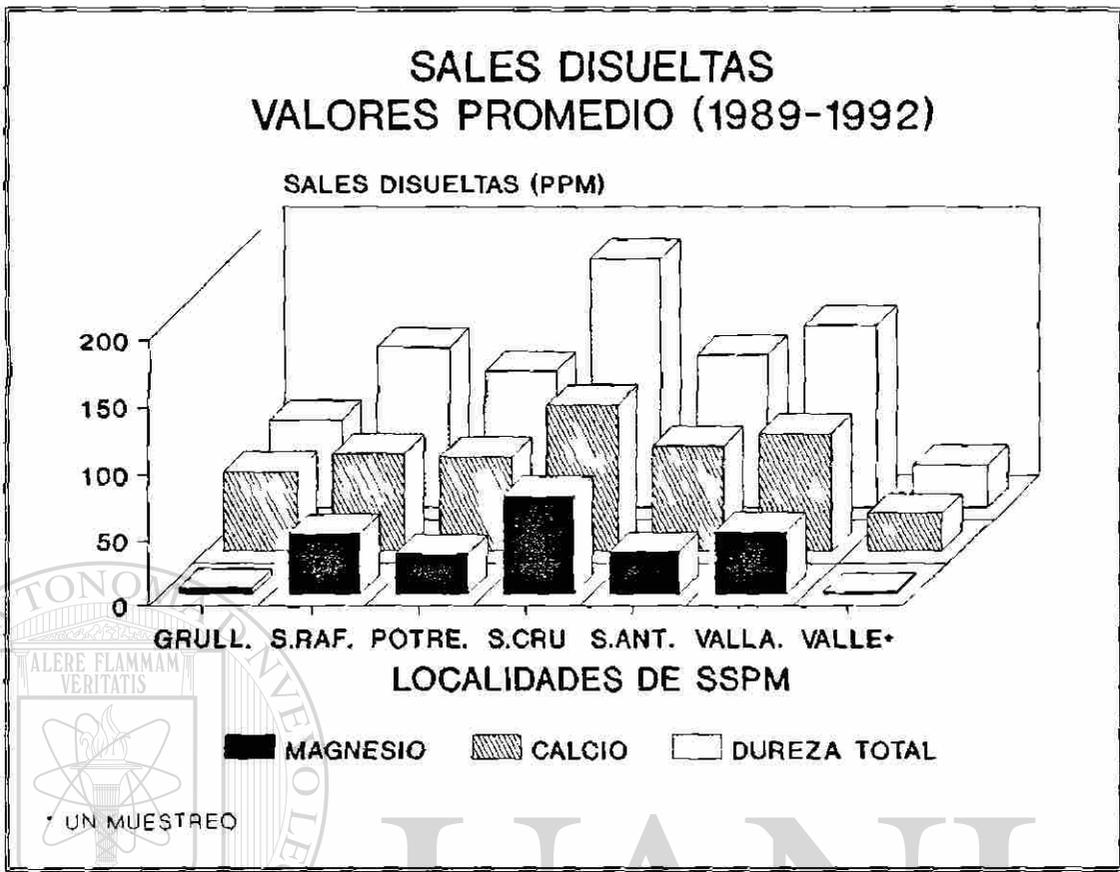


Figura 29. Contenido promedio de sales disueltas en los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

#### 7.4.4 Dureza en Calcio

El calcio constituye el catión dominante en las aguas de los arroyos de la SSPM, siendo derivado del drenaje de rocas ígneas. Su concentración promedio varía de 29.3 ppm (Arroyo Vallecitos) a 109.5 ppm (Arroyo Santa Cruz; Fig. 29).

#### 7.4.5 Dureza en Magnesio

Este ión bivalente fue registrado en niveles relativamente bajos en los arroyos Vallecitos ( $\bar{X}$ = 1.33 ppm) y La Grulla ( $\bar{X}$ = 4.7 ppm), pero alcanza niveles altos en el Arroyo Santa Cruz ( $\bar{X}$ = 75.5 ppm; Fig. 29).

#### 7.4.6 Silicatos

El contenido de silicatos es variable entre los arroyos de la SSPM, asimismo variable a través del año; estando su rango definido entre 0.5 ppm (Arroyo Vallecitos) y 30 ppm (Arroyo Valladares). La baja concentración en el Arroyo Vallecitos fue producto del efecto de dilución causado por el gran aporte de agua de deshielo (Fig. 30).

#### 7.4.7 Nutrientes

Los nutrientes como los fosfatos (ortofosfatos) y nitratos, se encuentran en cantidades menores de 0.2 ppm en todos los arroyos aquí estudiados y durante todas las fechas de muestreo (Tabla 8).

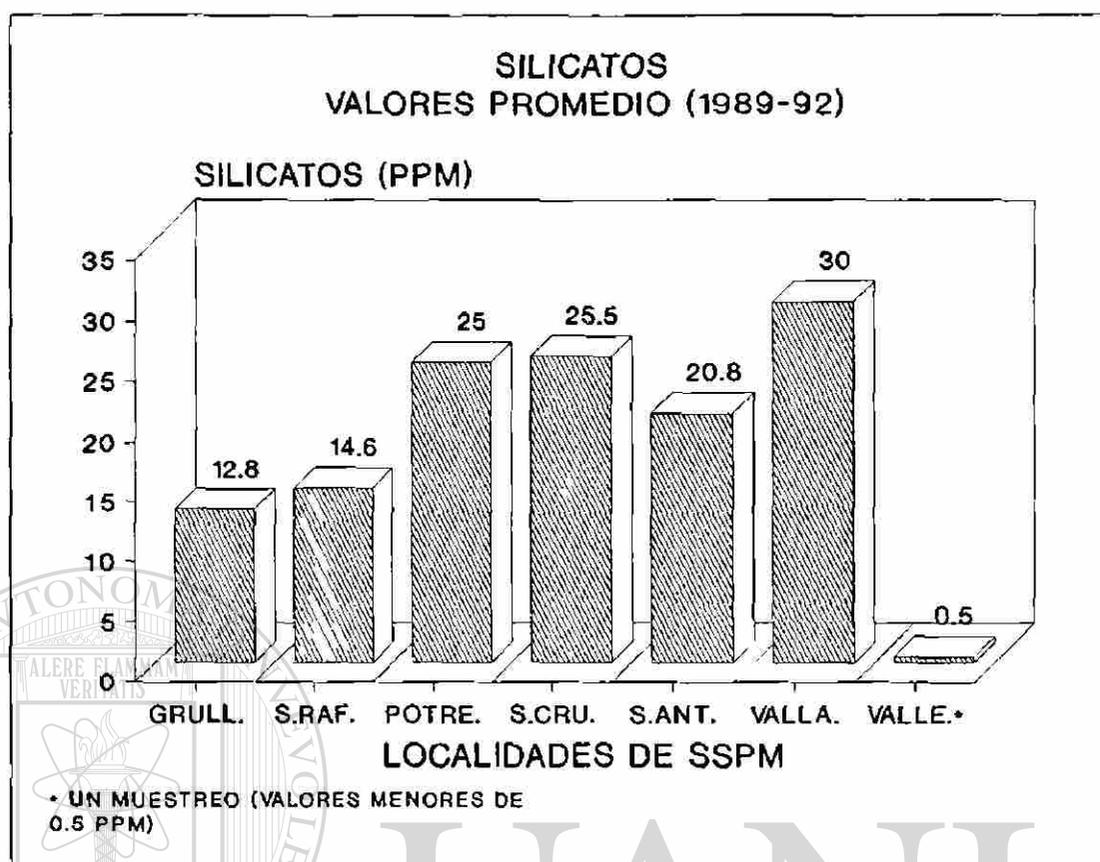


Figura 30. Contenido promedio de silicatos en los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

#### 7.4.8 Ciclo de 24 Horas de Parámetros Físico-químicos

Dos ciclos de 24 horas (TSP) en la medición de variables físico-químicas del agua fueron realizados en el Arroyo San Rafael. El primero fue realizado el 2 y 3 de Octubre de 1991, y el segundo, el 6 y 7 de diciembre de 1991.

7.4.8.1 Ciclo de 24 Horas en Octubre 2-3, 1991. En este ciclo de 24 horas donde se presentaron condiciones típicas de verano, fueron medidas las siguientes variables: temperatura del aire y del agua, oxígeno disuelto, y potencial de iones hidrógeno.

La temperatura del aire registró un rango de variación de 11.0 °C a 31.0 °C, presentándose los valores más bajos (11.0 °C) entre las 02:00 y 07:00 horas, y los más altos (31.0°C) entre las 14:00 y 15:00 horas (Fig. 31). La temperatura del aire aumentó de manera súbita de 17.0 a 28.0 ° entre las 09:00 y 10:00 horas del día, y desciende subitamente de 27.2 a 18.0 °C entre las 16:00 y 18:00 horas.

La temperatura del agua registró un rango de variación de 14.0 °C a 24.6°C, presentándose los valores más bajos (14.0 a 14.6 °C) entre las 05:00 y 09:00 horas, y los más altos (24.2 a 24.6 °C) entre las 14:00 y 15:00 horas (Fig. 31). La temperatura del agua se incrementa lentamente de 14.6 a 24.6 °C entre las 09:00 y 14:00 horas, y desciende de manera lenta de 23.2 a 14.0 °C en el intervalo de 17:00 y 07:00 horas.

El contenido de oxígeno de disuelto fue variable a través

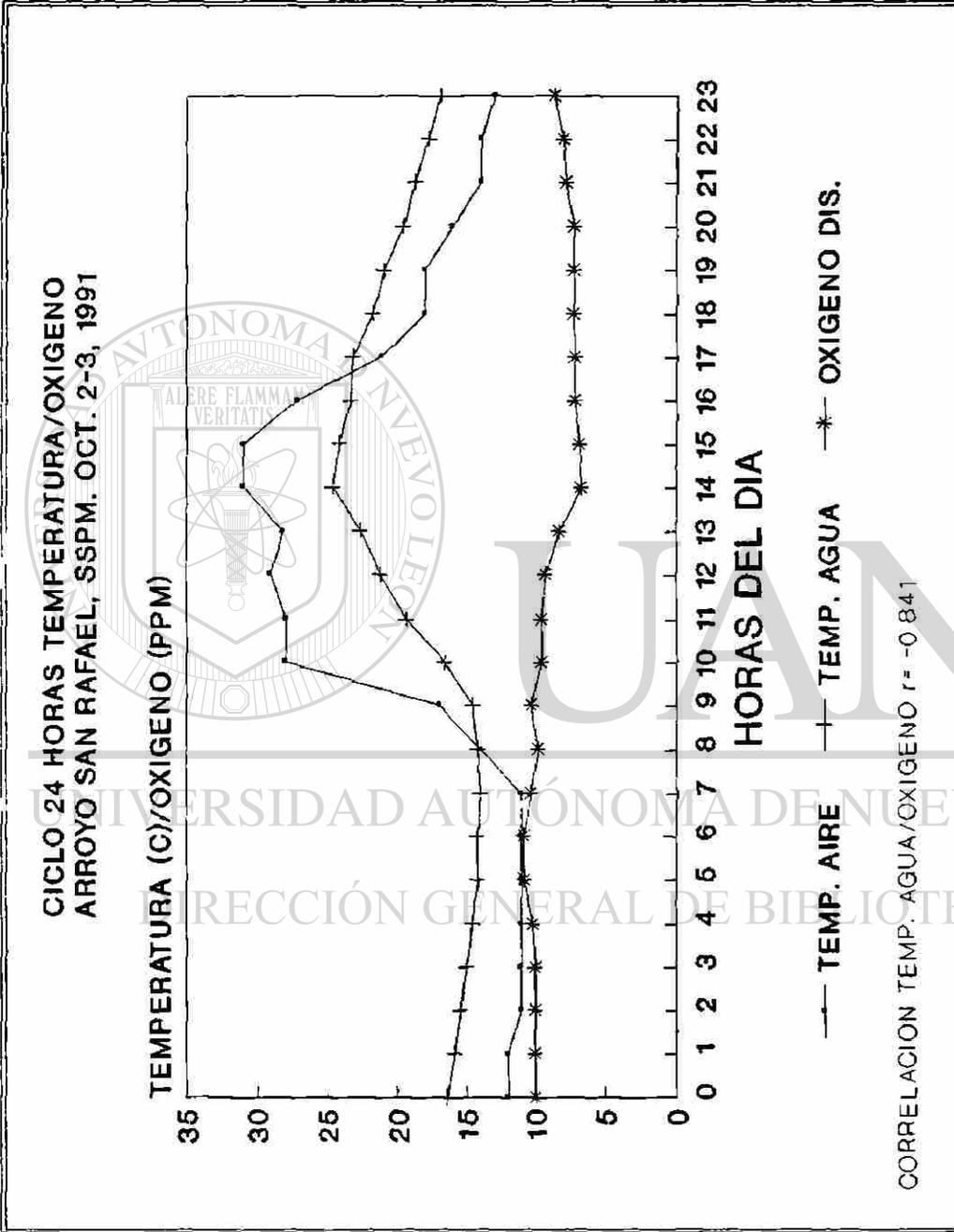


Figura 31. Ciclo de 24 horas de temperatura y oxígeno disuelto en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante octubre 2-3, 1991.

del día, registrándose el valor más bajo (6.65 ppm) a las 14:00 horas y el más alto (10.8 ppm) entre las 05:00 y 06:00 horas (Fig. 31). La concentración de oxígeno registró una relación inversa con la temperatura del agua ( $r = -0.841$ ,  $p = 0.000$ ).

El potencial de iones hidrógeno (pH) del agua fue relativamente constante durante el día (rango= 8.2 a 8.4,  $\bar{X} = 8.3 \pm 0.06$ ).

#### 7.4.8.2 Ciclo de 24 Horas en Diciembre 6-7, 1991.

Para este ciclo de 24 horas donde se presentaron condiciones del otoño, fueron medidas las siguientes variables: temperatura del aire y del agua, oxígeno disuelto, dióxido de carbono disuelto, potencial de iones hidrógeno, sólidos disueltos totales, y conductividad.

La temperatura del aire exhibió un rango de variación de 2.0 a 20.0 °C, registrándose los valores más bajos (2.0 a 5.0 °C) entre las 20:00 y 07:00 horas, y los más altos (19.0 a 20.0 °C) entre las 11:00 y 13:00 horas (Fig. 32). La temperatura del aire aumentó drásticamente de 9.0 a 20.0 °C entre las 09:00 y 11:00 horas del día, y desciende de la misma manera, de 12.0 a 7.0 °C, entre las 16:00 y 17:00 horas.

La temperatura del agua varió de 5.8 a 12.6 °C durante el día, registrando los valores más bajos (5.8 a 6.8 °C) entre las 01:00 y 09:00 horas, y los más altos (12.2 a 12.6 °C) entre las 13:00 y 15:00 horas (Fig. 32). La temperatura del agua aumentó de manera lenta y gradual de 6.6 a 12.6 °C entre las 09:00 y 14:00

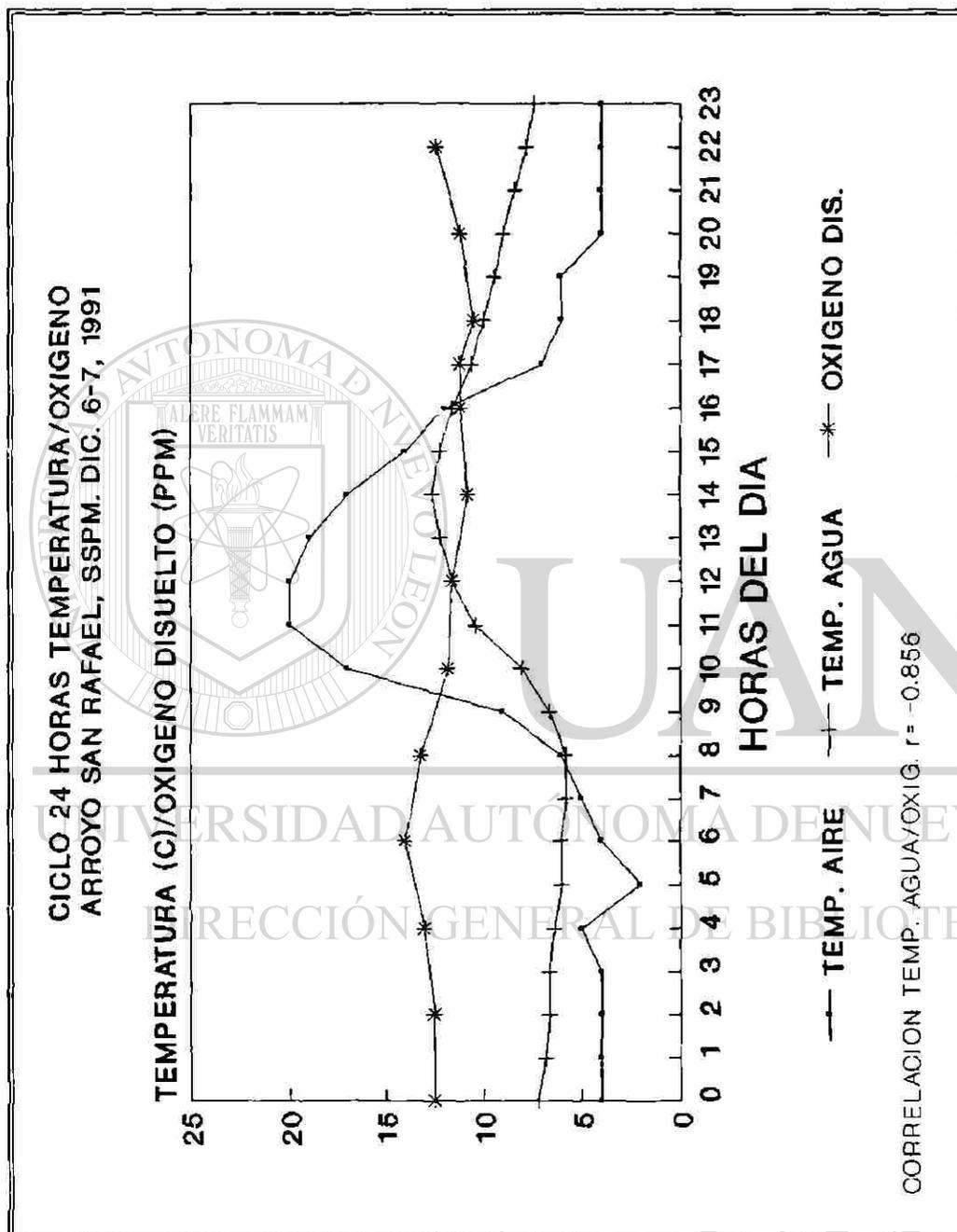


Figura 32. Ciclo de 24 horas de temperatura y oxígeno disuelto en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante diciembre 6-7, 1991.

horas del día, y disminuyó en la misma forma, de 12.2 a 5.8 °C entre las 15:00 y 08:00 horas.

El contenido de oxígeno disuelto varió durante el día, registrando el valor más bajo (10.5 ppm) a las 18:00 horas y el más alto (14.0 ppm) a las 06:00 horas (Fig. 32). El contenido de oxígeno disuelto registró una relación inversa con la temperatura del agua ( $r = -0.856$ ,  $p = 0.000$ ).

La concentración de dióxido de carbono presentó poca variación durante el día (rango= 2.0 a 6.0 ppm,  $\bar{X} = 4.08 \pm 1.4$  ppm).

El potencial de iones hidrógeno fue bastante constante durante el día (rango= 8.4 a 8.6,  $\bar{X} = 8.5 \pm 0.05$ ).

El contenido de sólidos disueltos totales fue también bastante conservativo durante el día (rango= 140.6 a 148.9 mg/l,  $\bar{X} = 145.7 \pm 2.0$  mg/l), al igual que la conductividad (rango= 0.280 a 0.298 mS/cm,  $\bar{X} = 0.289 \pm 0.0041$  mS/cm).

Otras variables físico-químicas del agua como dureza total ( $\bar{X} = 103.5 \pm 1.0$  ppm), dureza como calcio ( $\bar{X} = 82.0 \pm 4.0$  ppm) y magnesio ( $\bar{X} = 22.0 \pm 4.0$  ppm), y silicatos ( $\bar{X} = 16 \pm 0.0$  ppm) fueron constantes durante el día.

### 7.5 Características de la Biota Asociada

Los componentes bióticos asociados al habitat de la trucha, se describen a continuación:

### 7.5.1 Vegetación Riparia

En los márgenes de los arroyos de la SSPM, es posible distinguir en un plano transversal, tres pisos o niveles de vegetación: (1) Piso Superior, localizado en la parte más alta y estable del cañon del arroyo, la cual no es afectada por inundaciones y/o desbordamiento del arroyo. La gran estabilidad del suelo de este piso permite la ocurrencia de formas freatofilas como el encino *Quercus agrifolia* (localidades abajo de 1,000 msnm); (2) Piso Intermedio, localizado en la planicie de inundación, el cual es inundado por el desbordamiento del arroyo en épocas de lluvias. Este piso de gran inestabilidad, es dominado por formas bastante adaptadas a los efectos de las avenidas, como son: el sauce (*Salix lasiolepis* y *S. laevigata* [La Grulla]), aliso (*Platanus racemosa*), y el álamo (*Populus fremontii*); y (3) Piso Inferior o de Banco, localizado en el banco del arroyo y está representado por la cola de caballo (*Equisteum hiemale*), el pasto de banco (*Muhlenbergia richardsoni*), y juncos (*Scirpus* sp., *Cyperus* sp., y *Juncus tiehmi*).

### 7.5.2 Vegetación Acuática (Macrófitas)

Las macrófitas están poco representadas en los arroyos de la SSPM, estando principalmente confinadas para algunas pozas grandes de bajo flujo y de mayor acumulación de detritos, como en el Arroyo La Grulla. En esta localidad se presenta formas emergentes como el tule (*Typha domingensis*) y el apio acuático

(*Rorippa nasturtium*), formas flotantes enraizadas (*Potamogeton natans*), formas flotantes libres como la lenteja de agua (*Lemna gibba* y *L. trisulca*), y formas sumergidas como *Berula erecta*, *Ceratophyllum demersum*, *Ranunculus aquatilis*, y *R. hydrocharoides*..

### 7.5.3 Densidad Promedio Estacional de Presas en el Arroyo San Rafael

#### 7.5.3.1 Densidad de Presas Bentónicas

Durante el período de octubre de 1988 a diciembre de 1989 en el Arroyo San Rafael, la densidad promedio estacional de presas bentónicas (número de todos los taxa combinados/ 0.30 m<sup>2</sup>) fue mayor en primavera (304 presas/0.30 m<sup>2</sup>) y menor en verano (17 presas/0.30 m<sup>2</sup>; Fig. 33A).

La densidad relativa por taxón presa a nivel estacional, se presenta en la Figura 34. En otoño de 1988 (n= 155), las presas más abundantes fueron los tricópteros (63.23%) y dípteros (25.81%); en invierno (n= 270), dominaron de nuevo los tricópteros (41.48%) y dípteros (20.0%), además de los efemerópteros (15.56%) y hemípteros (10.37%); en primavera (n= 304), dominaron los hemípteros (28.62%) y los dípteros (25.33%); en verano (n= 17), los tricópteros (35.29%) y los dípteros (17.65%) fueron los más abundantes; y en otoño de 1989 (n= 176), predominaron principalmente los tricópteros (70.45%).

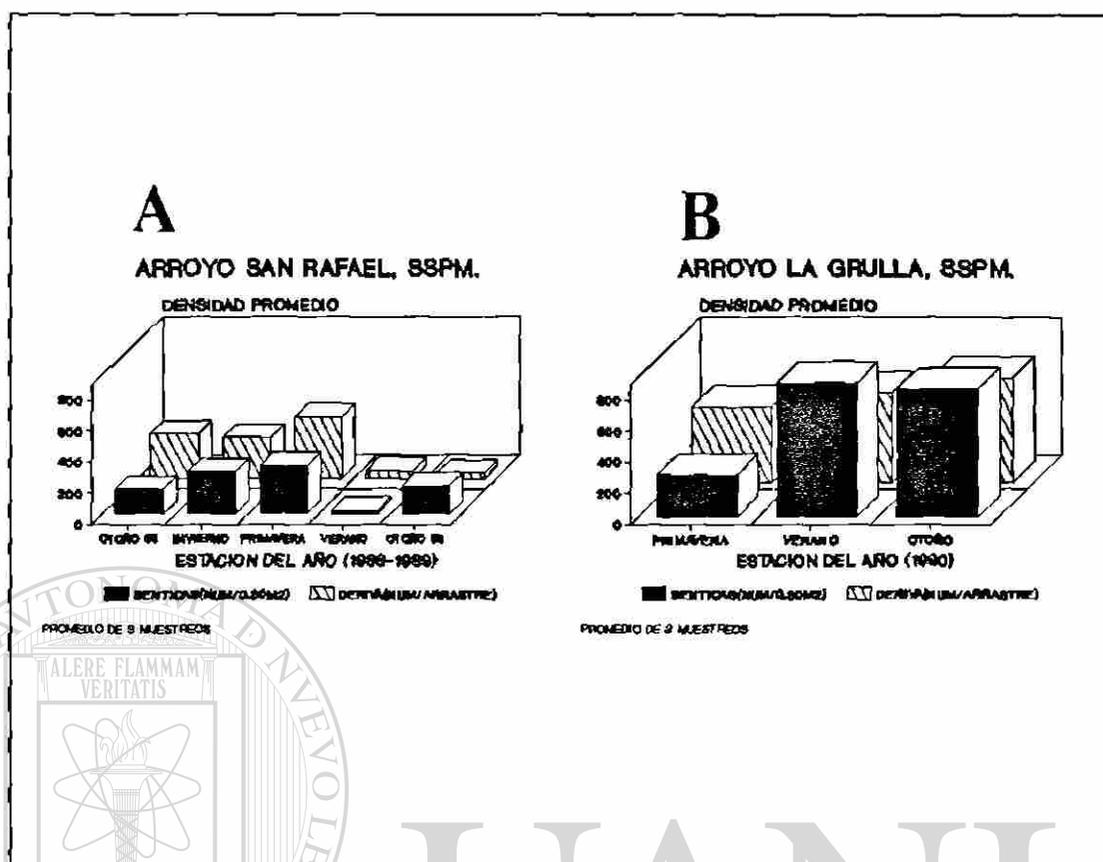


Figura 33. Densidad promedio estacional de presas bentónicas y de deriva en dos arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. A) Arroyo San Rafael, y B) Arroyo La Grulla.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

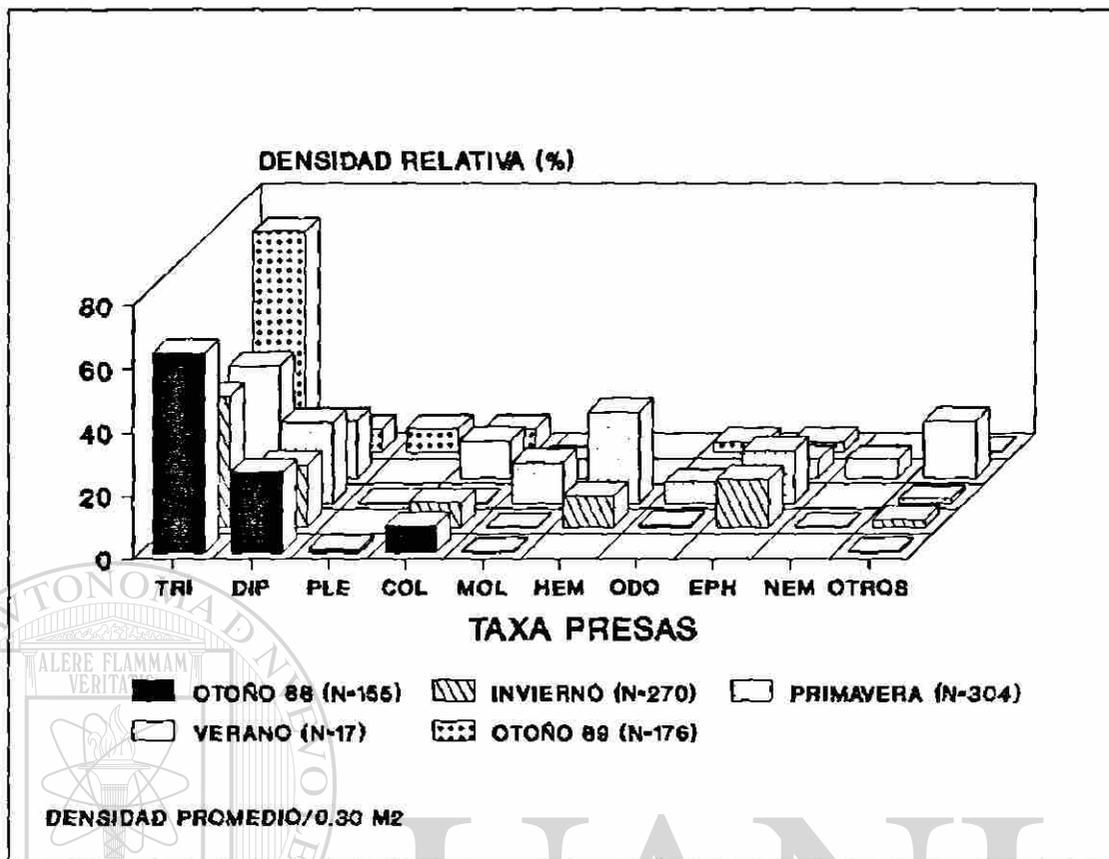


Figura 34. Densidad relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 7.5.3.2 Densidad de Presas de Deriva

A nivel estacional, la densidad promedio de presas a la deriva (número de todos los taxa presa combinados/ arrastre de 100 metros) fue mayor en primavera (402 presas/arrastre) y menor en verano (50 presas/arrastre) y otoño de 1989 (37 presas/arrastre; Fig. 33A).

La densidad relativa por taxón presa a nivel estacional, se ilustra en la figura 35. En otoño de 1988 (n= 289), las taxa presa que registraron una mayor densidad fueron los dípteros (43.94%) y los hemípteros (27.34%); en invierno (n= 266), también exhibieron una mayor densidad los dípteros (45.86%) y hemípteros (17.67%); durante primavera (n= 402), el taxón presa más abundante fueron los hemípteros (47.01%); en verano (n= 50), igualmente predominaron los hemípteros (62.00%); y en otoño de 1989 (n= 37), los dípteros (54.05%) fueron los más abundantes.

## 7.5.4 Densidad Promedio Estacional de Presas en el Arroyo La Grulla

### 7.5.4.1 Densidad de Presas Bentónicas

Durante el período de marzo a septiembre de 1990 en el Arroyo La Grulla, la densidad promedio estacional de presas bentónicas (todos los taxa presa combinados/0.30 m<sup>2</sup>) fue mayor en verano (agosto, 874 presas/0.30 m<sup>2</sup>) y menor en primavera (marzo, 276 presas/0.30 m<sup>2</sup>) (Fig. 33B).

La densidad relativa por taxón presa se ilustra en la Figura 36. En primavera (n= 276), los gasterópodos fueron los más

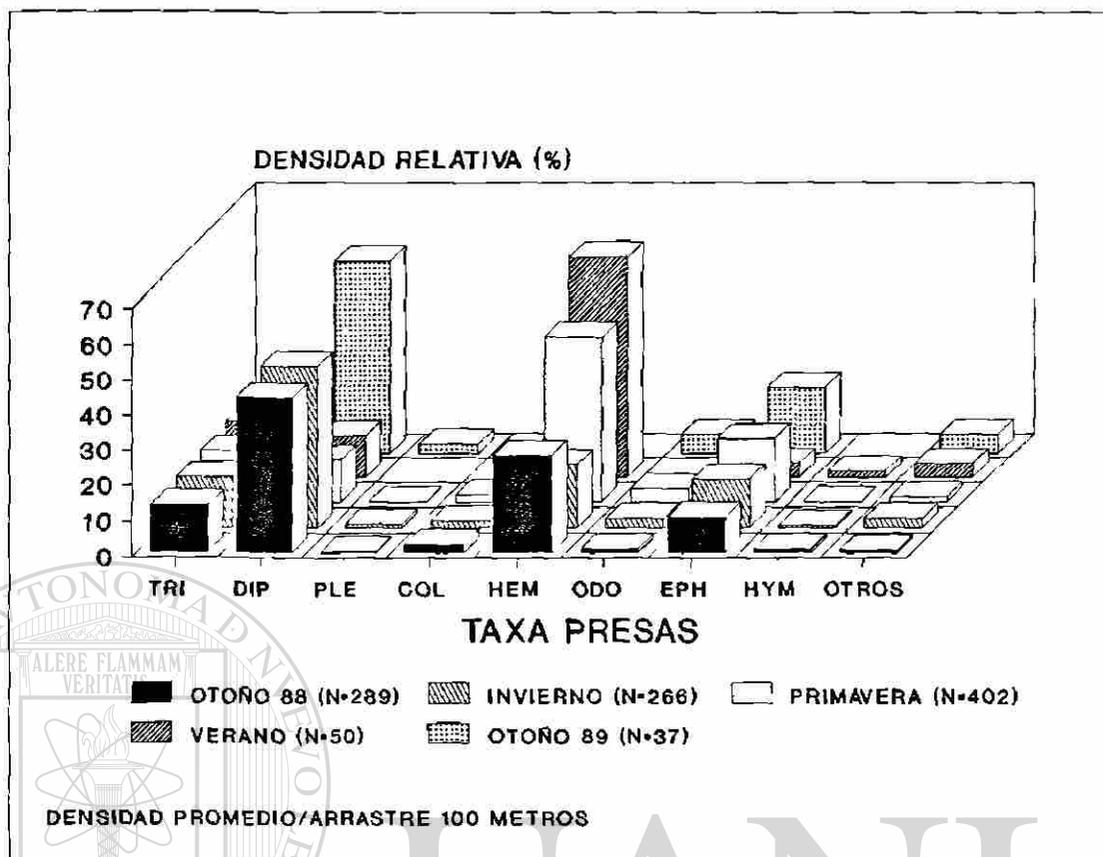


Figura 35. Densidad relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 diciembre 1989).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

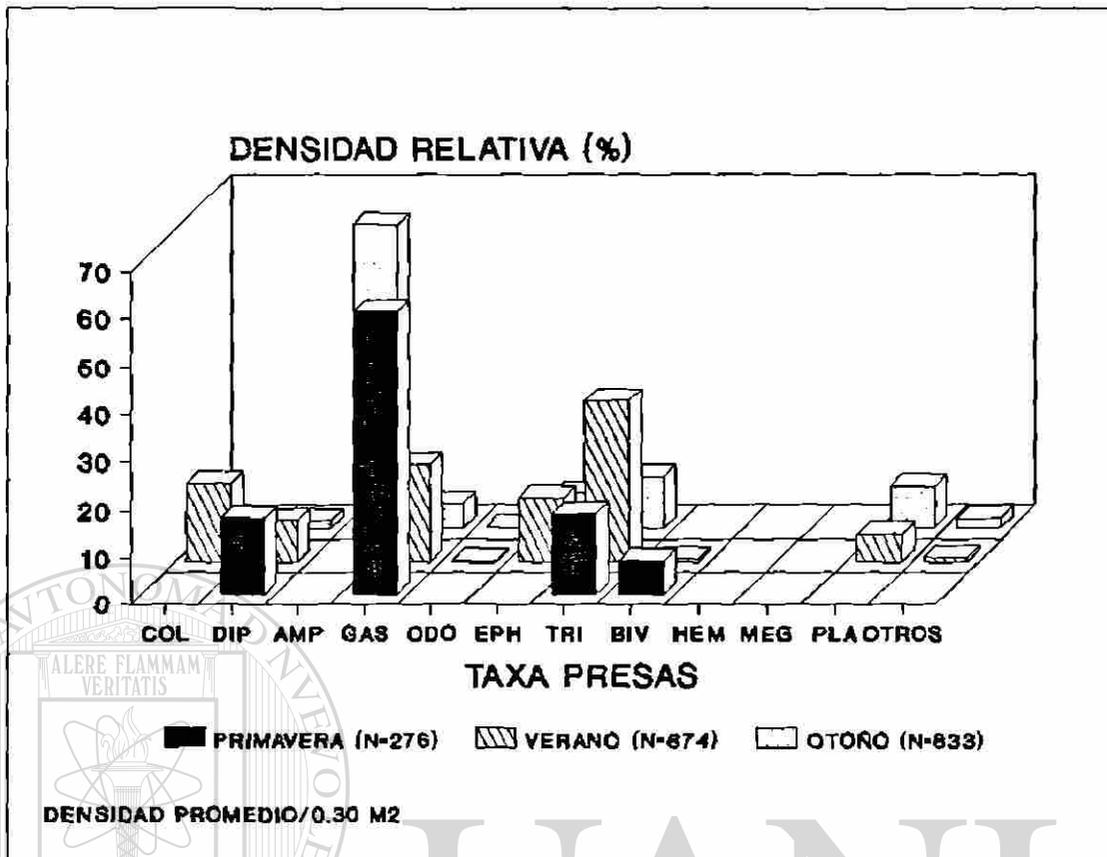


Figura 36. Densidad relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990).

abundantes en el bentos (59.42%), seguidos por los tricópteros (17.03%); en verano (n= 874), dominaron los tricópteros (33.64%), gasterópodos (20.25%), y coleópteros (16.36%); y en otoño (n= 833), los anfípodos (63.87%) fue el taxón presa más abundante.

#### 7.5.4.2 Densidad de Presas de Deriva

A nivel estacional, la densidad promedio de presas de deriva (todos los taxa presa combinados/arrastre de 100 metros) fue mayor en otoño (septiembre, 677 presas/arrastre) y menor en primavera (marzo, 493 presas/arrastre; Fig. 33B).

La densidad relativa por taxa presa se detalla en la figura 37. En primavera (n= 493), los hemípteros fueron los más abundantes (57.81%), seguido por los efemerópteros (20.08%); en verano (n= 580), es dominado por anfípodos (60.17%) y gasterópodos (20.69%); y en otoño (n= 677), dominaron nuevamente los anfípodos (26.44%), seguido por los dípteros (22.60%).

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

7.5.5 Biomasa Promedio Estacional de Presas en el Arroyo San ®

### Rafael DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 7.5.5.1 Biomasa de Presas Bentónicas

La biomasa promedio estacional de presas bentónicas (todos los taxa combinados/0.30 m<sup>2</sup>) durante el período de octubre 1988 a octubre 1989, fue mayor durante primavera (12.587 g) y menor en verano (0.771 g).

La biomasa relativa por taxón presa a nivel estacional se ilustra en la Figura 38. En otoño de 1988 (n= 1.4807g), dominaron

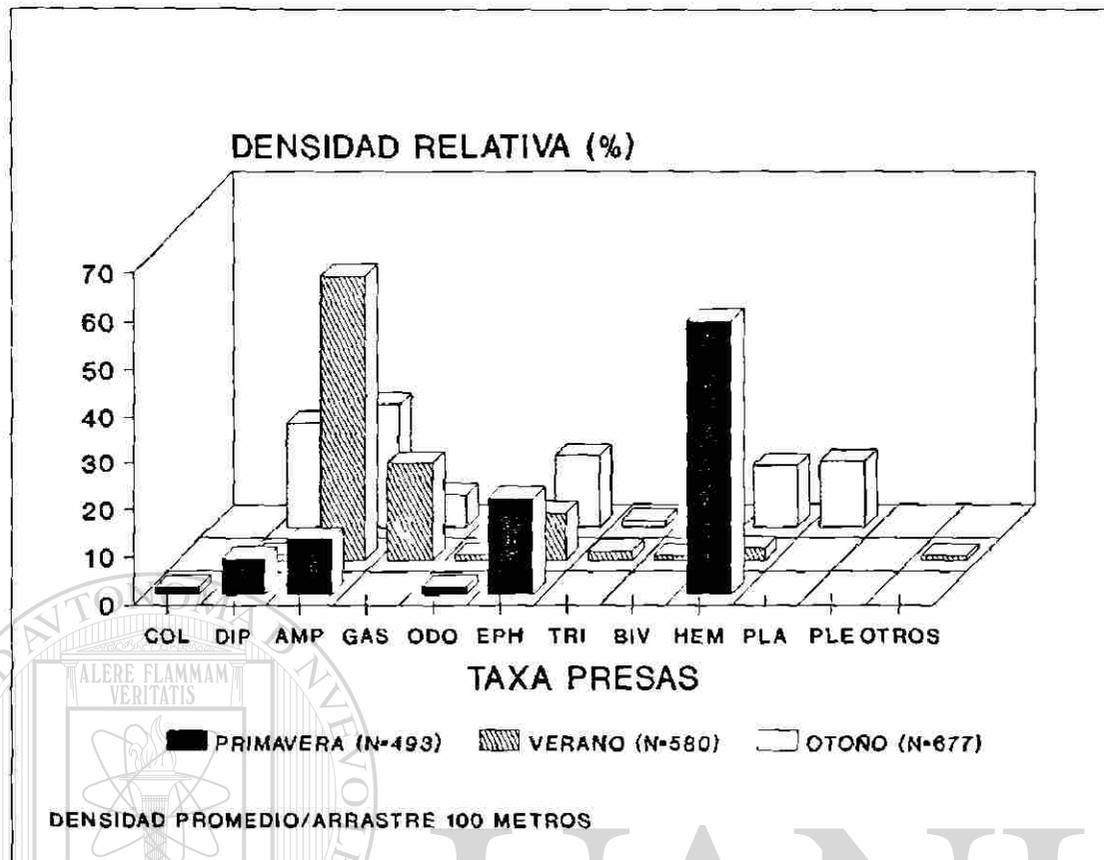


Figura 37. Densidad relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

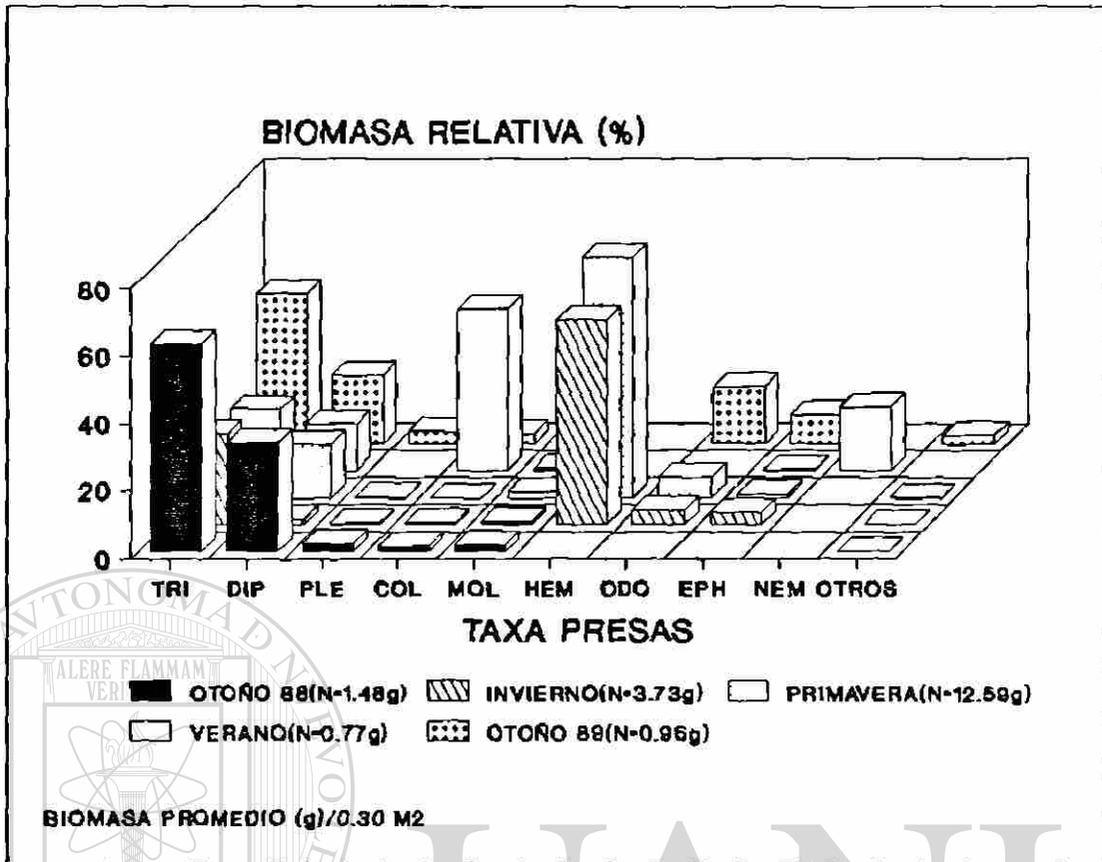


Figura 38. Biomasa relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989).

en biomasa los tricópteros (61.1%) y los dípteros (32.15%); en invierno ( $n= 3.733$  g), los hemípteros (60.78%) y tricópteros (26.99%); en primavera ( $n= 12.587$  g), dominaron de nuevo los hemípteros (71.68%) y dípteros (15.67%); en condiciones de verano ( $n= 0.771$  g), los coleópteros (48.13%) y tricópteros (18.33%); y en otoño de 1989 ( $n= 0.958$  g), los tricópteros (44.83%) y dípteros (20.43%).

#### 7.5.5.2 Biomasa de Presas de Deriva

La biomasa promedio estacional de presas de deriva (todos los taxa presa combinados/arrastre de 100 metros) fue mayor en otoño 1988 (0.572 g) y menor en otoño de 1989 (0.154 g).

A nivel estacional, la biomasa relativa de cada taxón presa se detalla en la Figura 39. En otoño de 1988 ( $n= 0.572$  g), los hemípteros (37.00%) e himenópteros (17.00%) fueron las presas que registraron una mayor biomasa relativa; en invierno ( $n= 0.400$  g), de nuevo dominaron los hemípteros (44.07%), seguido por los tricópteros (22.14%); en primavera ( $n= 0.534$  g), fue dominada principalmente por los tricópteros (79.46%); en verano ( $n= 0.322$  g), sobresalieron los hemípteros (56.19%) y ortópteros (24.22%); y en otoño de 1989 ( $n= 0.154$  g), registraron una mayor biomasa relativa los tricópteros (48.13%) y nematomorfos (23.95%).

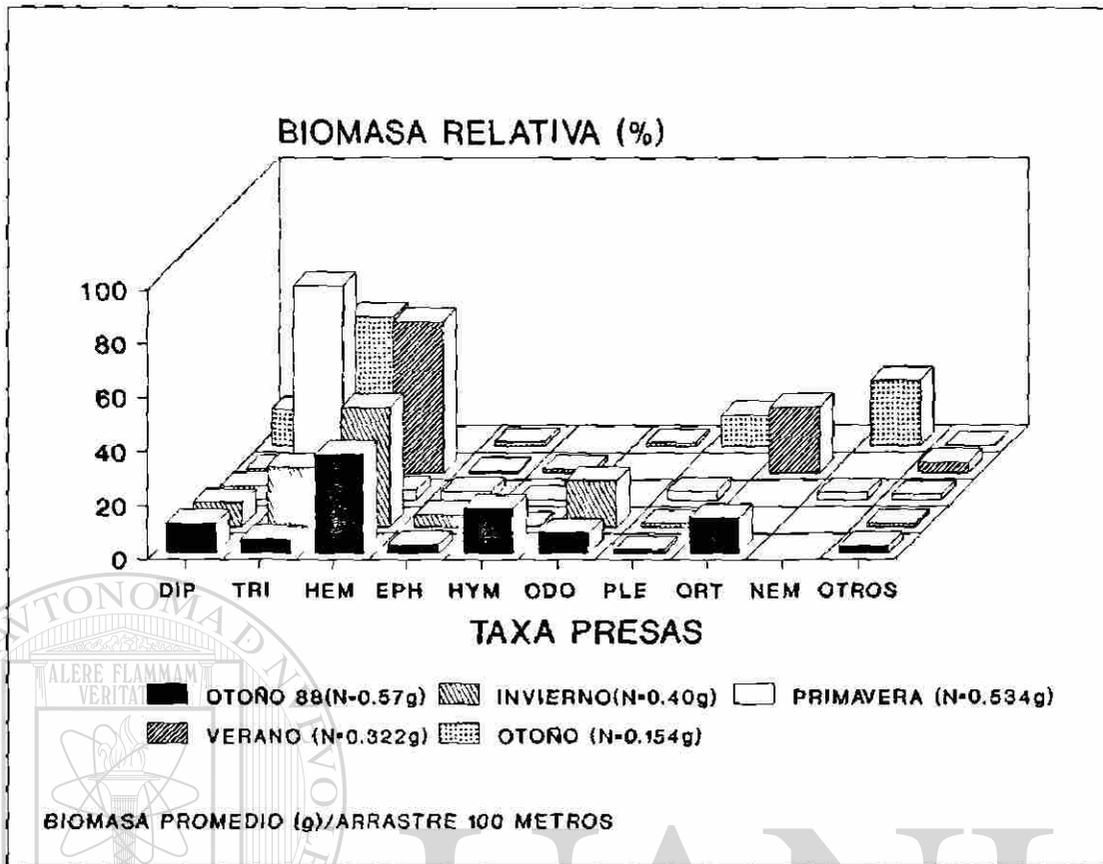


Figura 39. Biomasa relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 7.5.6 Biomasa Promedio Estacional de Presas en el Arroyo La Grulla

#### 7.5.6.1 Biomasa de Presas Bentónicas

La biomasa promedio estacional de presas bentónicas (todos los taxa presa combinados/0.30 m<sup>2</sup>) fue mayor durante primavera (5.167 g) y menor en otoño (2.220 g).

La biomasa relativa de cada taxón presa a nivel estacional, se ilustra en la Figura 40. En primavera (n= 5.167 g), los gasterópodos (64.07%) y los tricópteros (31.42%) fueron los taxa presa más importantes en términos de biomasa; durante verano (n= 3.981 g), dominaron los tricópteros (32.42%) y efemerópteros (30.84%); y en otoño (n= 2.220 g), también dominaron los tricópteros (48.23%), seguido por anfípodos (26.97%).

#### 7.5.6.2 Biomasa de Presas de Deriva

La biomasa promedio estacional de presas de deriva (todos los taxa combinados/arrastre de 100 metros) fue mayor en otoño (4.765 g) y menor en primavera (1.279 g).

A nivel estacional, la biomasa relativa de cada taxón presa se presenta en la Figura 41. En primavera (n= 1.279 g), dominan en biomasa los hemípteros (43.25%) y anfípodos (30.83%); en verano (n= 2.612 g), sobresalen los anfípodos (31.54%) y megalópteros (28.29%); y en otoño (n= 4.765 g), los dípteros (68.53%) y odonatos (12.04%) fueron los más importantes en términos de biomasa.

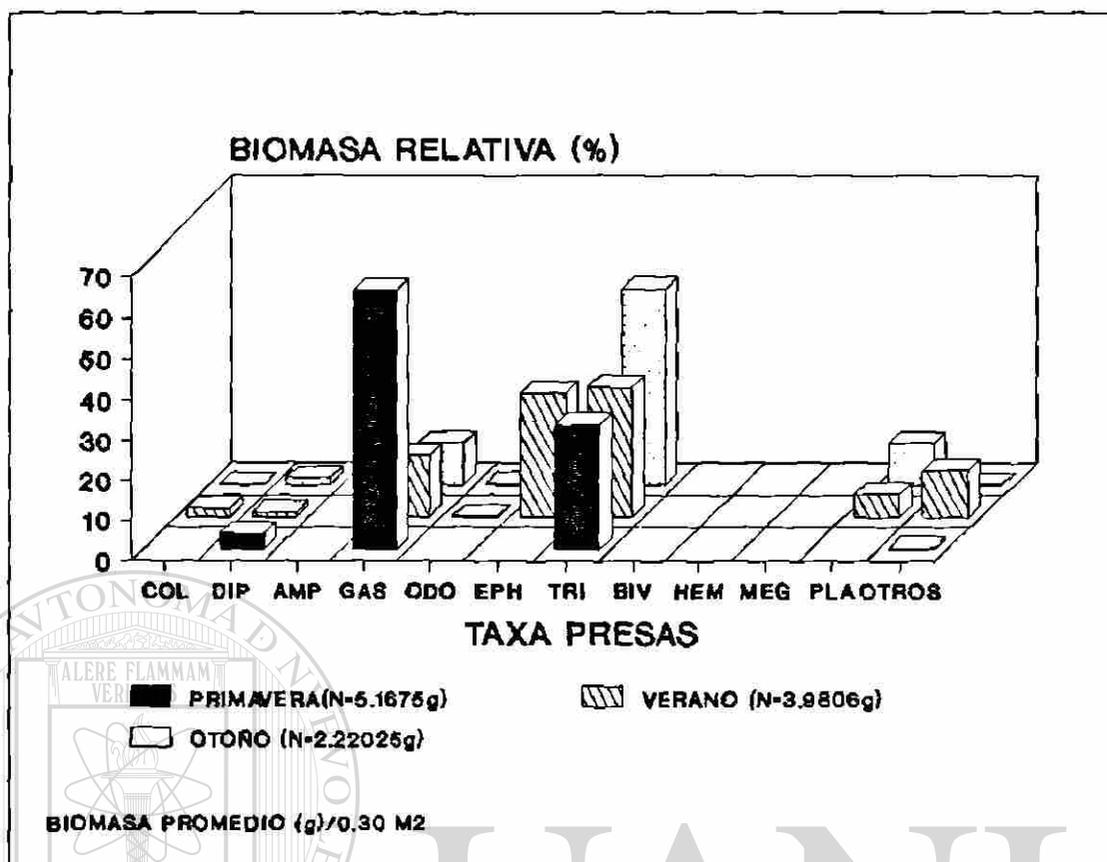


Figura 40. Biomasa relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

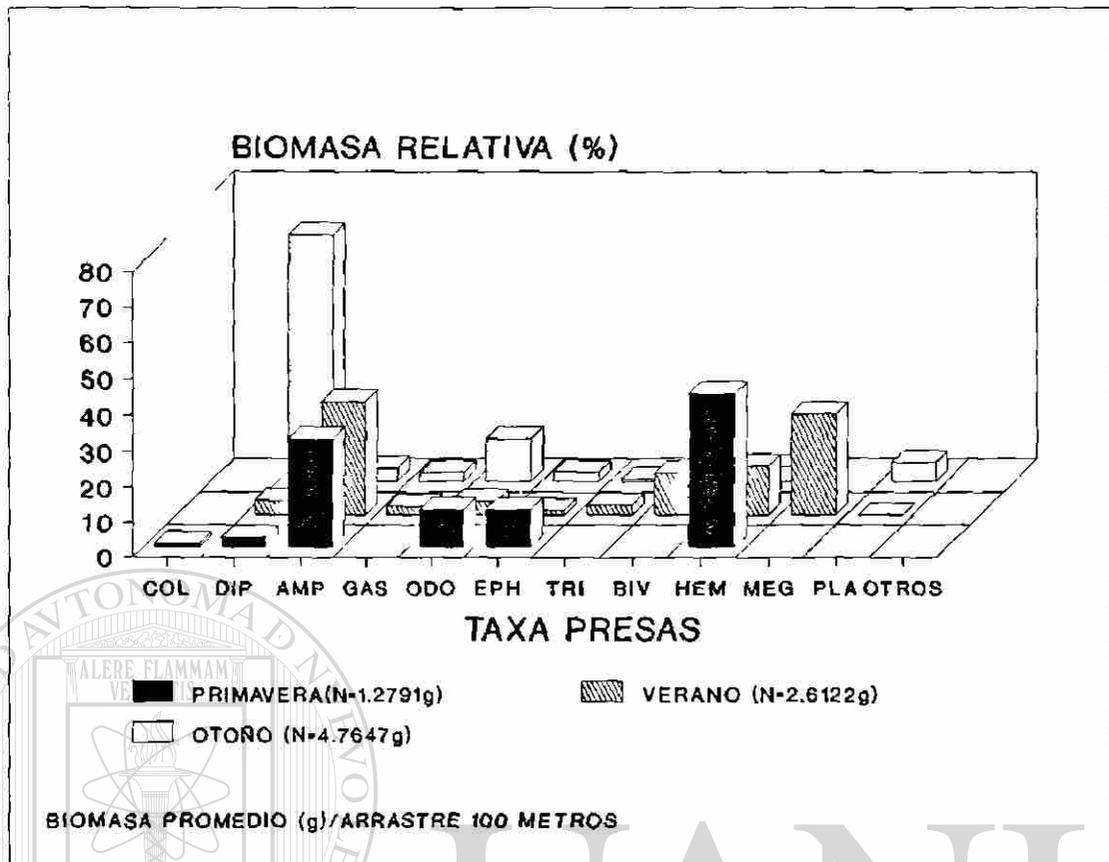


Figura 41. Biomasa relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 7.5.7 Diversidad de Presas en el Arroyo San Rafael

La diversidad de presas bentónicas fue mayor en invierno ( $H' = 2.255$ ) y menor en otoño de 1988 ( $H' = 1.729$ ; Fig. 42); asimismo, la diversidad de presas a la deriva fue mayor en invierno ( $H' = 2.457$ ) y menor en otoño de 1989 ( $H' = 1.544$ ; Fig. 42).

#### 7.5.8 Diversidad de Presas en el Arroyo La Grulla

La diversidad de presas bentónicas fue mayor en verano ( $H' = 2.557$ ) y menor en otoño ( $H' = 1.628$ ; Fig. 43); sin embargo, la diversidad de presas a la deriva, fue mayor en otoño ( $H' = 2.251$ ) y menor en primavera ( $H' = 1.463$ ; Fig. 43).

#### 7.5.9 Depredadores

Los principales depredadores naturales de la trucha de la Sierra San Pedro Mártir, que fueron observados y/o colectados durante el período de estudio, fueron: (1) el mapache *Procyon lotor* (un ejemplar depositado en la Colección de Vertebrados,® Fac. Ciencias, U.A.B.C.), cuyas huellas fueron observadas frecuentemente en la mayoría de los arroyos donde se distribuye la trucha; (2) la garza azul *Ardea herodias* (un ejemplar depositado en la colección antes referida) fue observada y colectada en el Arroyo La Grulla; (3) el martín pescador (*Ceryle alcyon*), varios individuos fueron observados en los arroyos San Antonio de Murillos y La Grulla; y (4) la culebra acuática de dos rayas (*Thamnophis hammondi*) fue comunmente observada

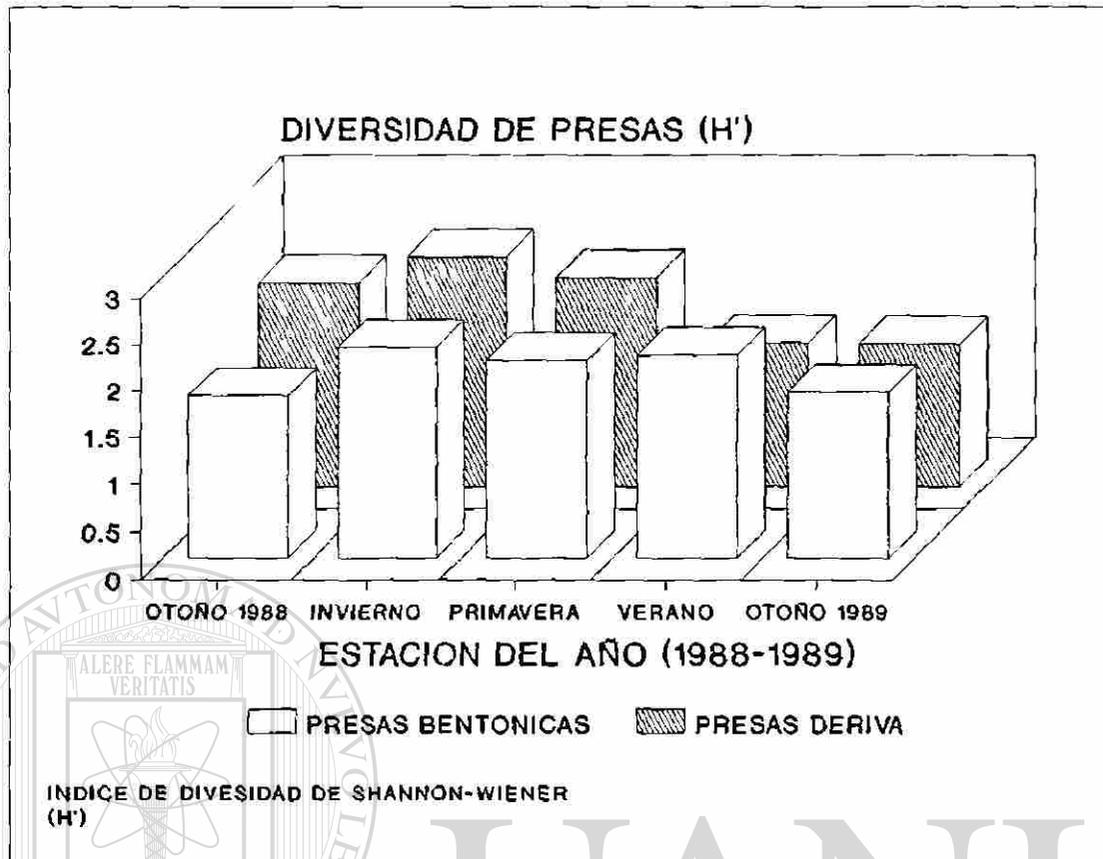


Figura 42. Diversidad de presas bentónicas y de deriva a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

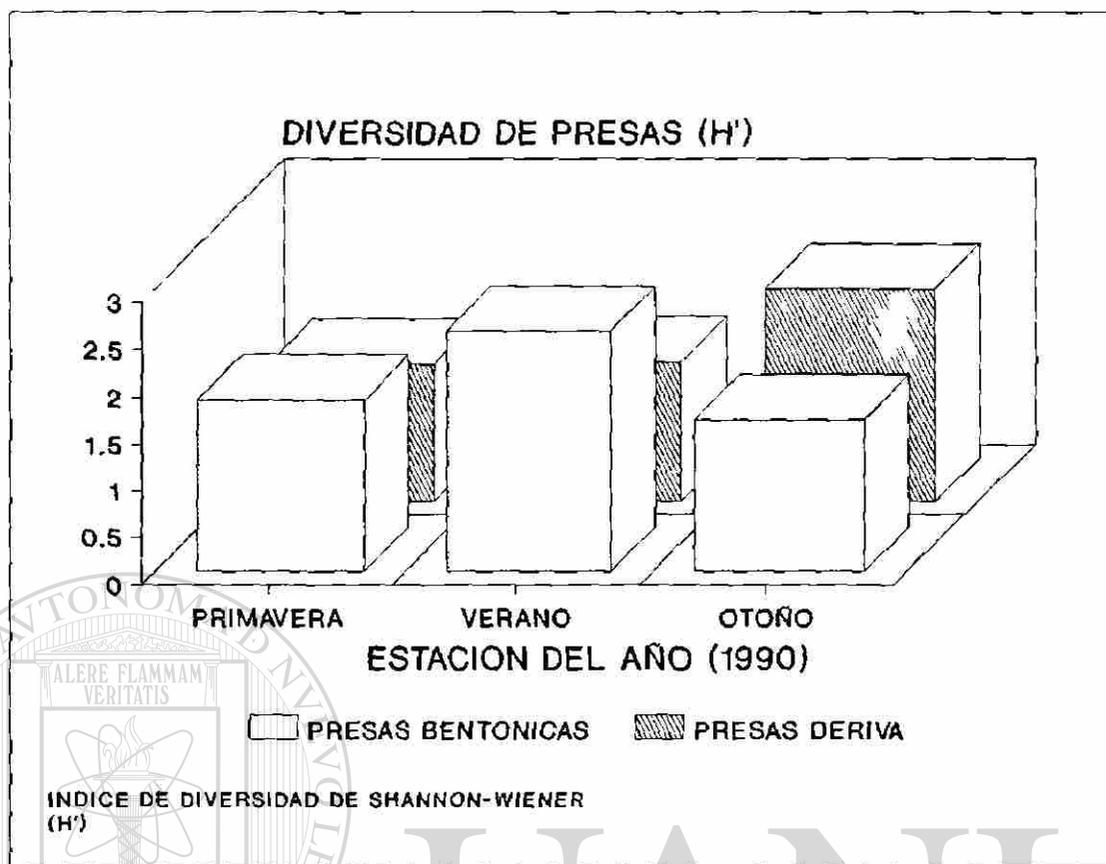


Figura 43. Diversidad de presas bentónicas y de deriva a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

consumiendo juveniles de trucha en el Arroyo San Rafael. Otro posible depredador de la trucha es la tortuga de poza (*Clemmys marmorata*), la cual es encontrada en el Arroyo San Antonio (Welsh, 1988). Dos ejemplares de esta especie fueron observados y fotografiados en el Arroyo San Antonio de Murillos, ca. 50 m abajo de la confluencia con el Arroyo La Zanja (Junio 29, 1991; Carlos Yruretagoyena, obs. pers.). En junio 18 de 1992 y en esa misma localidad (ca. 200 m abajo de la confluencia antes referida) fue colectado, fotografiado y liberado otro ejemplar (Gorgonio Ruiz-Campos, obs. pers.).



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## VII. DISCUSION

Las características bionómicas y poblacionales de la trucha arcoiris costera, *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann), de la pendiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir (SSPM), se discuten a continuación:

### Distribución

La distribución original de la trucha en la Sierra San Pedro Mártir (SSPM) fue restringida a una sección de 15 millas (24.2 Km) del Arroyo Santo Domingo o San Antonio [no San Ramón como lo refirió Evermann, 1908] y, a su tributario, el Arroyo La Zanja [no Santa Cruz, como lo llamó Needham, 1938] en las proximidades del Rancho San Antonio (Meek, 1904; Evermann, 1908; Nelson, 1921; Snyder, 1926; Needham, 1938; Smith, 1991; Behnke, 1992, Berg et al., ms). Sin embargo, su distribución fue ampliada a otros arroyos de la SSPM debido a introducciones realizadas por el naturalista Charles Edward Utt, entre los años de 1929 y 1941 (Utt, 1991), quien transplantó truchas procedentes de la localidad tipo (San Antonio) a los arroyos La Grulla (años 1935 y 1936), La Misión o San Pedro (año 1929), La Zanja [0.5 millas abajo de la vereda Meling] (años 1935 y 1936), Valladares (años 1937 y 1941), y San Rafael (años 1938 y 1939). En el presente estudio, se realizaron colectas en nueve arroyos de la SSPM, incluyendo las localidades antes aludidas, registrándose solamente la presencia de la trucha en los arroyos San Antonio de Murillos, La Zanja (parte baja), El Potrero, La Grulla, y San

Rafael. Existe otra localidad no visitada en este trabajo (Arroyo La Misión o San Pedro) donde se ha constatado la presencia de la trucha (Carlos Lazcano-Sahagún, com. pers.). Cabe señalar, que en el Arroyo Valladares, donde Utt mencionó haber introducido truchas, no fue colectado ningún ejemplar.

El Arroyo San Telmo, cuya pequeña cuenca es independiente a la del Santo Domingo y San Rafael, no fue muestreado en este trabajo debido a que los registros históricos de introducción de trucha arcoiris por C.E. Utt, no lo incluyen.

La formación de una alta cascada aproximadamente a cinco millas arroyo arriba del Rancho San Antonio (no 12 millas como fue referida por Evermann, 1908), es considerada como una barrera física que ha impedido la dispersión natural de la trucha hacia aguas más arriba (Nelson, 1921; Snyder, 1926; Needham, 1938).

#### **Crecimiento Somático y Factor de Condición**

La tasa de crecimiento somático anual registrada en términos de longitud para *O. mykiss nelsoni*, es mayor durante el primer año de vida, similar a lo encontrado para otras poblaciones de trucha arcoiris de arroyos en Norteamérica (Carlander, 1969; Elliott, 1973; Nagel y Deaton, 1989), como también similar a lo registrado en la trucha dorada de la Sierra Nevada, California (*O. mykiss aguabonita*; Knapp y Dudley, 1990). La longitud patrón promedio por clase de edad de la trucha de la Sierra San Pedro Mártir (SSPM), es menor en comparación con la registrada a una edad similar en poblaciones de trucha arcoiris

de arroyos en Norteamérica (Carlander, 1969; Nagel y Deaton, 1989); sin embargo, es mayor comparada con aquella referida para la trucha dorada en 17 arroyos de la Sierra Nevada, California (Knapp y Dudley, 1990).

La baja tasa de crecimiento que exhibe la trucha de SSPM puede ser debida a la baja disponibilidad de alimento, alta temperatura del agua, y la gran inestabilidad de las características geomorfológicas y de flujo de los arroyos (Knapp y Dudley, 1990). En alusión a lo anterior, los pequeños arroyos de la SSPM, se caracterizaron durante el período de estudio (1987 a 1992) por amplias fluctuaciones en su geomorfología y flujo, tanto en términos estacionales como de un año a otro. La biomasa de presas bentónicas en los arroyos de la SSPM (San Rafael,  $\bar{X}=14,466$  mg/m<sup>2</sup>; y La Grulla,  $\bar{X}=27,680$  mg/m<sup>2</sup>) fueron menores en comparación con lo registrado por Surber (1937) en Big Spring Creek, Virginia, donde estima una biomasa entre 54,326 y 72,065 mg/m<sup>2</sup>. Asimismo, la biomasa de presas bentónicas por taxón en los arroyos de SSPM, es bastante menor en contraste con la registrada para otros ambientes lóticos en Norteamérica (Berg y Hellenthal, 1991).

El factor de condición de Fulton promedio ( $K_{LP}$ ) registrado en la trucha de SSPM, tanto en la población del Arroyo San Rafael ( $1.90 \pm 0.315$ ) como para la población del Arroyo La Grulla ( $1.735 \pm 0.169$ ), fue mayor que el de otras poblaciones de trucha arcoiris en California, con rango de talla similar (1.27 a 1.64, Reimers et al., 1955; 1.51 a 1.66, Carlander, 1969; 1.16 a 1.47,

Knapp Y Dudley, 1990). El mayor valor del factor de condición de la trucha de SSPM es debido a que sus individuos son proporcionalmente más robustos [proporción peso:longitud] en comparación con aquellos individuos de otras poblaciones de trucha arcoiris. Sin embargo, cabe aclarar, que el factor de condición (K) es difícil de compararse entre diferentes poblaciones, ya que éste varía con la estación del año, condición biológica de los individuos (e.g., tiempo y duración de la época reproductiva), y con la disponibilidad de alimento (Weatherley y Rogers, 1978).

El factor de condición (K) fue significativamente mayor en los juveniles-del-año o de edad 0 (sexualmente inmaduros) debido a que éstos registraron proporcionalmente una mayor tasa de crecimiento somático en peso en contraste con las otras clases de edad y sexos; ésta misma tendencia fue registrada en trucha arcoiris en las localidades de Big Springs (Idaho), Green River (Utah), y Big Spring (Virginia; Carlander, 1969).

La mayor parte de los estudios referentes al factor de condición de la trucha arcoiris, tradicionalmente han asumido para el cálculo de K, un crecimiento de tipo isométrico ( $b= 3.0$ ; cf., Carlander, 1969; y la mayoría de los trabajos antes citados); sin embargo, no corroboran si el crecimiento es verdaderamente de tipo isométrico ó alométrico (Cone, 1989), ya que se ha demostrado que muchas especies exhiben alometría conforme se incrementa la longitud (Le Cren, 1951). Por tanto, la comparación de K entre poblaciones de una misma especie que

difieren en la constante (b) de la regresión longitud-peso, resulta en muchos casos innecesaria.

El factor de condición relativo (Kn), es utilizado para aquellas especies que denotan alometría (b diferente de 3.0), es decir, sus proporciones corporales cambia conforme la longitud se incrementa (Le Cren, 1951; Weatherley y Gill, 1987). Lo anterior fue aplicable para la trucha arcoiris de SSPM, debido a que su crecimiento es de tipo alométrico ( $b < 3.0$ ). A diferencia del factor K, el factor de condición relativo (Kn) demostró ser similar entre sus diferentes clases de edad y de sexos, debido a que este índice mide de manera individual la desviación del peso observado con respecto al peso calculado ( $W = aL^b$ ) para esa longitud específica. Murphy et al. (1991) sugirieron el uso de las constantes ( $a = -5.194$  y  $b = 3.098$ ) como valores estándar en el cálculo del peso relativo ( $Wr$ ) de trucha arcoiris en Norteamérica, pero restringieron su uso para individuos mayores de 200 mm de longitud total (LT). En el caso que aquí nos ocupa, no es posible calcular dicho peso relativo debido a que la mayor parte de los individuos son menores de 200 mm LT. Por tal motivo, el cálculo del factor de condición debe de ser basado en las constantes de la regresión peso-longitud obtenidas para cada población (Wege y Anderson, 1978).

Valores de Kn  $\geq 1.0$  representan condiciones fisiológicas y ecológicas óptimas para los individuos (Anderson y Gutreuter, 1983). La trucha de SSPM, exhibió durante 1987 y 1989, valores promedio de Kn óptimos (1.016 y 1.020, respectivamente); sin

embargo durante 1988, el Kn exhibió un valor promedio abajo del óptimo (0.983), y estuvo principalmente asociado al proceso de formación y madurez gonadal, dado que la mayor parte de la energía asimilada fue canalizada al desarrollo de las estructuras gonádicas (Weatherley y Gill, 1987). Las diferencias en la condición relativa (Kn) de un año a otro, pudieran ser atribuidas principalmente a alteraciones en las proporciones corporales, más que a cambios en el contenido de grasa y tamaño de las gónadas (Weatherley y Gill, 1987).

A nivel estacional para los años de 1987 y 1989, Kn fue generalmente mayor durante primavera y verano (período de rápido crecimiento) y menor en invierno (período de lento crecimiento), similar a lo registrado por Bjornn (1966, fide Carlander, 1969) en la trucha arcoiris en Big Springs, Idaho.

#### **Edad y Longevidad**

La trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) en los pequeños arroyos de la Sierra San Pedro Mártir tiene una edad máxima de 4 años (longitud máxima < 220 mm LP), mayor a la de 3 años registrada para esa subespecie en el Arroyo San Rafael, SSPM (Ruiz-Campos y Gómez-Ramírez, 1991). Sin embargo, es bastante menor del rango de 6 a 7 años registrado para la mayoría de las truchas nativas del oeste de Norteamérica (Behnke, 1992). Casos de baja longevidad (< 4 años) han sido también registrados en poblaciones de trucha arcoiris en los pequeños arroyos de cabecera del noreste de Tennessee (Nagel y Deaton, 1989), de

North Carolina (Coulston y Maughan, 1981), y en Rocky Fork al noreste de Tennessee (Whitworth y Strange, 1983). Registros mayores al rango arriba referido, son muy raros y han sido observados en *O. clarki* sspp. (10 años, Carlander, 1969), *O. mykiss aguabonita* (9 años, Knapp y Dudley, 1990), y *O. mykiss irideus* (9 años, Sumner, 1948). La baja longevidad de la subespecie *nelsoni* (4 años) al igual que en otros salmónidos, puede ser atribuída a factores genéticos, principalmente ligados con la edad de primera madurez sexual (Behnke, 1992), la cual es alcanzada por esta subespecie a la edad de 1 año (103-112 mm LP). Asimismo, su baja longevidad en comparación con aquellas subespecies más norteañas, pudiera deberse a que los individuos mueren a una edad más temprana por el alto costo energético asociado con el proceso de primera madurez sexual y reproducción (Jonsson et al., 1991).

La longevidad en salmónidos es extendida cuando existe un menor gasto metabólico de los individuos, como resultado de las bajas temperaturas, menor duración de la estación de crecimiento, y un bajo suplemento de alimento (Behnke, 1992). La SSPM, es considerada como la localidad más sureña o de menor latitud en la distribución nativa de la trucha arcoiris costera en Norteamérica (Smith, 1984, 1991; Behnke, 1992), donde en condiciones de verano sus arroyos (p.ej., pozas sombreadas en el Arroyo San Antonio) experimentaron durante el día (lapso de 10:00 a 20:00 horas) temperaturas que oscilan entre 20 y 27 °C ( $\bar{x}$  = 23.3 ± 2.2 °C); dicho rango es bastante mayor del rango térmico óptimo (13 a

21°C) registrado para crecimiento y alimentación de trucha arcoiris en arroyos de California (Smith, 1991). La baja tasa de crecimiento somático y menor longevidad que exhibe la trucha *O. mykiss nelsoni*, en comparación con otras poblaciones o subespecies más norteadas o de mayor latitud (Carlander, 1969), es explicada por la mayor tasa metabólica, principalmente influenciada por las altas temperaturas del agua (Jonsson et al., 1991) que caracterizan este hábitat sureño (Needham, 1938; Smith 1991). En relación a lo anterior, diversos estudios han demostrado una fuerte correlación positiva entre el tamaño del organismo y su longevidad en vertebrados poiquiloterms (Bonner, 1965; Calder, 1984), donde a medida que el tamaño corporal se incrementa, la tasa metabólica por unidad de peso disminuye, incrementándose la longevidad (Fenchel, 1974; Peters, 1983). Entre los vertebrados poiquiloterms, la tasa metabólica difiere entre zonas climáticas y se incrementa con la temperatura (Brett y Groves, 1979); de acuerdo a la regla biogeográfica de Bergmann, las razas de climas más fríos tienden a presentar un tamaño corporal mayor que aquellas que habitan en climas más cálidos dentro de su rango distribucional (Mayr, 1956). La variación latitudinal en las características del ciclo de vida entre las razas de una especie íctica (p.ej., tamaño corporal, madurez sexual, y longevidad), fue primeramente concebida por G.V. Nikolskii (Beverton, 1987), y posteriormente demostrada para varias especies de salmónidos (Thorpe et al., 1982; L'Abée-Lund et al., 1989; Thorpe, 1989; Taylor, 1990; Jonsson et al., 1991),

donde a medida que la latitud se incrementa y la temperatura disminuye, mayor es el tamaño corporal, longevidad, y edad de maduración sexual de los individuos (Jonsson et al., 1991).

### Ecología Alimenticia

El análisis cualitativo y cuantitativo del contenido estomacal de la trucha arcoiris, *O. mykiss nelsoni*, durante un ciclo anual (enero a diciembre de 1987) en el Arroyo San Rafael, indica una dieta básicamente insectívora, dominada en un 90% por larvas y pupas del díptero Simuliidae, y larvas de tricópteros (Hydropsychidae, Sericostomatidae, e Hydroptilidae). Estos resultados son concordantes con los anteriormente registrados para trucha arcoiris en diversas localidades de Norteamérica (Clemens, 1928; Metzelaar, 1928; Surber, 1937; Maciolek y Needham, 1951; Swift, 1970; Tippets y Moyle, 1978; Irvine y Northcote, 1982; Richards y Soltz, 1986; Cirilo-Sánchez y Ruiz-Campos, 1987; Angradi y Griffith, 1990).

Diferencias estacionales en la composición cualitativa de la dieta de la trucha, se observaron a través del año, particularmente en verano, cuando el consumo de taxa presa de origen terrestre se incrementó (Surber, 1937; Jenkins et al., 1970; Swift, 1970; Tippets y Moyle, 1978; Richards y Soltz, 1986; Fausch, 1991). En otoño e invierno, la dieta se compone de una mayor proporción de larvas de tricópteros, las cuales fueron también registradas como las presas bentónicas más abundantes

para este sitio de estudio, durante el otoño-invierno de 1988-1989. Sin embargo, en primavera y verano la dieta se caracteriza por una mayor proporción de larvas de dípteros, efemerópteros, y tricópteros, las cuales han sido registradas como las presas dominantes de la dieta de verano de la trucha arcoiris, en poblaciones silvestres (Angradi y Griffith, 1990).

Se ha demostrado en situaciones naturales que las truchas presentan una dieta no selectiva (Needham, 1930; Jenkins et al., 1970; Ware, 1972), consumiendo las presas en proporción a su disponibilidad en el ambiente. Dicha estrategia alimenticia idealmente debe de incluir un amplio repertorio de tipos y tamaños de presa, así como un consumo aleatorio y desproporcionado de las mismas (Rachlin et al., 1989). En alusión a esto, la trucha de San Pedro Mártir (población Arroyo San Rafael) exhibe una dieta más bien selectiva (estrategia especialista), ya que el 90% de su espectro alimenticio a través del año, es dominado por cuatro tipos de presa. Esta misma tendencia de selectividad fue registrada para las truchas de la población Arroyo La Grulla, las cuales se caracterizan por tener valores bajos de amplitud de nicho trófico y similitud proporcional (Rachlin et al., 1989), lo cual denota que los individuos seleccionan ciertos tipos de presa, independiente de la densidad de éstas en el ambiente. Los resultados obtenidos en ambas poblaciones, son concordantes con las evidencias dadas por Allen (1941), Bryan y Larkin (1972), Allan (1978), Bisson (1978), Angradi y Griffith (1990), y Fausch (1991), en el sentido de que

La trucha arcoiris posee una dieta selectiva.

El análisis de la dieta de la trucha por clases de talla, demuestra que existen diferencias cuali y cuantitativas entre ellas, con respecto al tipo y tamaño de presa consumida. Esta tendencia también se ha registrado para trucha arcoiris en varias localidades de Norteamérica (Reimers et al., 1955; Bisson, 1978; Tippets y Moyle, 1978). Las truchas de edad 0 o juveniles del año ( $\leq 85$  mm LP), incluyen en su dieta una mayor proporción de larvas y pupas de dípteros, en contraste con las truchas adultas ( $\geq 86$  mm LP) cuya dieta es dominada por larvas de tricópteros.

Durante el otoño y el invierno, se presentó un alto traslape entre las diferentes clases de talla de la trucha, debido a la gran similitud en la composición y proporción de presas consumidas. Aquí es evidente un decremento en el número de taxa presa consumido, en contraste con el verano, lo cual induce a un consumo más homogéneo de aquellas presas más importantes en la dieta (e.g., larvas de tricópteros).

La trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni* en el Arroyo San Rafael, exhibe en términos generales, una preferencia por consumir presas de tamaño entre 4.7 y 8.2 mm, los cuales corresponden a los taxa presa más importantes en la dieta (Hydroptilidae,  $\bar{X}$ = 4.7 mm; Sericostomatidae,  $\bar{X}$ = 5.4 mm; Simuliidae,  $\bar{X}$ = 5.5 mm; e Hydropsychidae,  $\bar{X}$ = 8.2 mm). El rango antes señalado es mayor que el rango de 2 a 3 mm registrado por Bannon y Ringler (fide Fausch, 1991), en la dieta de la trucha café (*Salmo trutta*) en un arroyo de New York.

En la población del Arroyo San Rafael, el tamaño promedio de presas por estómago (todos los taxa presa combinados) presentó un correlación significativa con el tamaño de boca de la trucha. Una situación similar se registró en cada uno de los taxa presa más importantes en la dieta (p. ej., Simuliidae, Hydroptilidae, Sericostomatidae, e Hydropsychidae), demostrando que las truchas son selectivas en el tamaño de presa consumida (Hartman, 1958; Allan, 1978; Bisson, 1978; Newman y Waters, 1984; Fausch, 1991). La selección del tamaño de presa por el depredador, optimiza el costo energético que éste invierte en la captura y deglución de las presas (Townsend y Winfield, 1987; Angradi y Griffith, 1990; Fausch, 1991); lo anterior puede ser explicado en base a las reglas de forrajeo óptimo en peces, las cuales establecen que cuando existe una mayor abundancia y diversidad de presas en el ambiente, las truchas seleccionan aquellas presas de mayor tamaño (Krebs, 1978; Fausch, 1991), más palatables (Hartman, 1958) y de mayor visibilidad (Behnke, 1987; Ginetz y Larkin, 1973; Angradi y Griffith, 1990). Cabe hacer notar, que algunas presas abundantes en el arroyo, como ninfas de odonatos (Agrionidae y Coenagrionidae) y larvas de hemípteros (Naucoridae), observadas frecuentemente entre las plantas acuáticas, fueron rara vez consumidas por las truchas. Su bajo consumo es debido posiblemente a que son poco palatables y por poseer un exoesqueleto con estructuras proyectantes que repelen su ingestión (Hartman, 1958).

En el Arroyo La Grulla, el cual se caracteriza por

condiciones de bajo flujo (lénticas) y una mayor densidad y biomasa de presas bentónicas y de deriva en comparación con el Arroyo San Rafael, las truchas no exhibieron una selección en el tamaño de presa consumida, pero si una selección por ciertos tipos de presas.

Una baja diversidad trófica (por estómago) fue característica para esta subespecie de trucha (población San Rafael) a través del año, siendo significativamente similar entre las clases de talla, lo cual indica una depredación selectiva principalmente sobre las larvas y pupas del díptero Simuliidae, y de larvas de tricópteros (Hydropsychidae, Sericostomatidae, e Hydroptilidae).

Los resultados aquí obtenidos sobre la ecología alimenticia de la trucha arcoiris de la Sierra San Pedro Mártir, permiten sugerir un patron diferencial en la utilización de recursos presa (tipo, tamaño, y proporción), entre sus distintas clases de talla, como una posible estrategia ecológica para la optimización en el uso de recursos tróficos limitados, para reducir ó evitar el nivel de competencia intraespecífica (Schoener, 1974; Werner, 1979).

#### **Edad de Primera Madurez Sexual**

La edad y talla de primera madurez sexual en las truchas del oeste de Norteamérica, al igual que su fecundidad, es bastante variable e influenciada por factores ambientales y genéticos (Behnke, 1992), donde a medida que la latitud se

incrementa y la temperatura disminuye, mayor es el tamaño corporal, longevidad, y edad de primera madurez sexual de los individuos (Thorpe et al., 1982; L'Abée-Lund et al., 1989; Thorpe, 1989; Taylor, 1990; Jonsson et al., 1991).

De acuerdo al análisis histológico de las estructuras gonadales de la trucha arcoiris de la Sierra San Pedro Mártir (SSPM), *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, esta subespecie es capaz de madurar y desovar a partir del primer año de vida y a una talla de 103 a 112 mm LP, a diferencia de la mayoría de las truchas silvestres de arroyos en el oeste de Norteamérica, donde la primera madurez sexual se registra entre los 2 y 4 años de edad (Behnke, 1992). En poblaciones de trucha arcoiris, la edad de primera madurez ha sido generalmente referida entre 2 y 5 años (Kwain, 1971), aunque existen algunos casos donde los individuos están maduros desde el primer año de vida (Oota et al., 1965; Yamamoto et al., 1965; Kato, 1975; Smith, 1991).

El menor tamaño corporal y edad de primera madurez sexual que presenta la trucha arcoiris, *O. mykiss nelsoni*, comparada con otras subespecies más nortenas, es atribuible a su menor longevidad ( $\leq 4$  años). En alusión a lo anterior, la longevidad, tamaño corporal, y edad de primera madurez en los salmónidos ha sido atribuida de manera directa a variación con la latitud e indirecta con la temperatura (Thorpe et al., 1982; L'Abée-Lund et al., 1989; Thorpe, 1989; Taylor, 1990; Jonsson et al., 1991). Asimismo, la menor longevidad de esta subespecie podría ser debida a que los individuos mueren más tempranamente dado el alto

costo energético asociado con el proceso reproductivo a una edad menor (Jonsson et al., 1991).

Los individuos machos de *O. mykiss nelsoni*, inician el desarrollo gonadal más tempranamente en comparación con las hembras, presentándose dicha estructura a partir del intervalo de talla de 73-82 mm LP. Dicha tendencia ha sido también registrada en trucha arcoiris (Rounsefell, 1957; Nicholls, 1958; Allen y Sanger, 1960; Kato, 1975; Naevdal et al., 1979; Smith, 1991; Behnke, 1992) y en otras especies de salmónidos (MacFadden et al., 1965; Carlander, 1969); y es atribuible al nivel elevado del metabolismo de los machos influenciado por procesos endócrinos (Lagler et al., 1984).

#### Fecundidad y Desove

La fecundidad, aquí referida como el número de ovocitos maduros contenidos en la hembra antes de ser desovados (Bagenal, 1978) es un atributo poblacional de gran importancia en salmónidos, cuya magnitud puede ser variable entre poblaciones de una misma especie o entre diferentes especies (Rounsefell, 1957, 1962; Scott, 1962; Carlander, 1969; Bagenal, 1978; Thorpe et al., 1982; Meehan y Bjorn, 1991; Behnke, 1992). Lo anterior fue demostrado en nuestros resultados para la trucha arcoiris de la SSPM, donde existe variación en la fecundidad absoluta entre individuos de talla similar. Esta subespecie presenta una fecundidad absoluta ( $\bar{x}$ = 15.34 ovos/cm de longitud) bastante menor en comparación con el registrado para otras subespecies de trucha

arcoiris ( $\bar{X}$ = 93.9 ovos/cm) y trucha garganta cortada ( $\bar{X}$ = 46.9 ovos/cm) en Norteamérica (Rounsefell, 1957); sin embargo, fue muy similar a aquella referida para la trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*) de 15.3 ovos/cm (Rounsefell, 1957). Asimismo, considerando que esta subespecie de trucha presenta una talla menor comparada con otras subespecies de edad similar, es de esperarse que produzca una menor cantidad de ovocitos maduros, en respuesta a las condiciones ambientales presentes, tales como la baja disponibilidad de alimento (Neave, 1948; Rounsefell, 1957; Scott, 1962) y el frecuente bajo flujo, típico de los arroyos aquí estudiados.

La fecundidad relativa de la trucha arcoiris de la SSPM, exhibe una relación directa con la longitud, peso, y edad de los individuos. Resultados similares han sido también registrados por otros autores en varias especies y subespecies de salmónidos, específicamente con la longitud (Donaldson y Olson, 1955; Nicholls, 1958; Rounsefell, 1957, 1962; Allen y Sanger, 1960; Nomura, 1963; Carlander, 1969; Kato, 1975; Bagenal, 1978; Bromage et al., 1990; L'Abée-Lund y Hindar, 1990; Smith, 1991; Behnke, 1992), el peso (Rounsefell, 1957, 1962; Carlander, 1969; Islam et al., 1973; Bagenal, 1978; Bromage et al., 1990) y la edad (Donaldson y Olson, 1955; Rounsefell, 1957, 1962; Hanson y Wickwire, 1967; Taube, 1976).

El tamaño promedio de ovocitos de la subespecie *O. mykiss nelsoni* (3.14 mm) es más pequeño en comparación con el promedio registrado para otras poblaciones de trucha arcoiris (5.1 mm,

Rounsefell, 1957; 3.5 a 5.5 mm, Billard, 1992). Varios autores han sugerido que el tamaño del ovocito es variable inter e intraindividualmente (Galkina, 1962; Sakun, 1966), donde ovocitos más pequeños están asociadas a una menor edad y talla de la hembra, y a un bajo régimen de alimentación (Billard, 1992).

El período de desove de la trucha que aquí nos ocupa, se presenta en la estación de invierno (enero a marzo), siendo más intenso en febrero. Dicho período de desove cae dentro del rango registrado en poblaciones de trucha arcoiris a lo largo de la costa del Pacífico (Behnke, 1992), donde el desove ocurre principalmente de febrero a junio, aunque en algunas áreas éste puede iniciarse antes o retrasarse hasta julio o agosto (Smith, 1991). El rango de temperatura óptima para la incubación de los huevos de la trucha arcoiris se encuentra entre los 5 y 15°C (Smith, 1991), siendo muy similar al rango diario registrado en invierno (5.2 a 13.2°C) en los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir.

#### Densidad de Truchas

La densidad promedio de truchas por unidad de área en el Arroyo San Rafael, fue relativamente estable de marzo de 1987 a agosto de 1989 (0.023 a 0.088 individuos/m<sup>2</sup>), sin embargo, después de ese período, la densidad declinó fuertemente (0.0 a 0.013 individuos/m<sup>2</sup>) debido muy probablemente al efecto de asolvamiento de las pozas del arroyo, causado por la deposición de cenizas procedentes de un incendio forestal (agosto de 1989)

cerca de la parte alta del arroyo. Los escurrimientos pluviales provocaron el acarreo de cenizas hacia el lecho del arroyo, lo cual modificó en gran medida las características geomorfológicas del arroyo, disminuyendo la disponibilidad de pozas, que son los habitats preferidos por la trucha.

Después del efecto de asolvamiento del arroyo en agosto de 1989, la geomorfología del arroyo fue paulatinamente recuperándose, volviéndose a formar pozas, las cuales fueron recolonizadas por truchas provenientes de otros sitios del arroyo, principalmente de la cabecera, la cual no se quemó. Con relación a lo anterior, Ruiz-Campos (1989) registró para ese mismo arroyo, una gran capacidad de recolonización de la trucha después de un disturbio inducido.

Históricamente, esta subespecie de trucha ha experimentado fuertes fluctuaciones en su densidad poblacional como consecuencia del efecto de fuertes avenidas, que modificaron la geomorfología del arroyo y provocaron alteraciones del habitat (Evermann, 1908; Nelson, 1921; Needham, 1938). En tal sentido, Nelson (1921) mencionó una notable disminución en la población de trucha del Arroyo San Antonio, después del efecto de las devastadoras avenidas durante 1904, las cuales provocaron el asolvamiento de las pozas; en ese mismo lugar, Needham (1938), observó también una disminución en la densidad de truchas, como consecuencia del efecto de la fuerte creciente registrada en el invierno de 1936-1937.

La densidad de truchas en el Arroyo San Rafael (rango=

0.023 a 0.088 individuos/m<sup>2</sup>), es bastante menor que la registrada para otros salmónidos en arroyos: trucha cabeza acerada [*O. mykiss irideus*] en Idaho, E.U.A. (2.05 a 3.05 individuos/m<sup>2</sup>; Bjornn y Reiser, 1991), trucha arcoiris residente [*O. mykiss ssp.*] en Japón (0.303 individuos/m<sup>2</sup>; Allen, 1969); trucha café [*Salmo trutta*] en 10 arroyos de Inglaterra (0.1 a 2.7 individuos/m<sup>2</sup>; Le Cren, 1969); sin embargo, es muy similar a lo registrado para trucha arcoiris residente en Michigan, E.U.A. (0.028 a 0.159; Allen, 1969) y en Sagehen Creek, California (0.01 individuos/m<sup>2</sup>; Decker y Erman, 1992), como también con la trucha dorada [*O. mykiss aguabonita*] en 17 arroyos de Kern Plateau [Sierra Nevada], California, E.U.A. (0.02 a 0.17 individuos/m<sup>2</sup>; Knapp y Dudley, 1990).

#### Ambito Casero y Requerimientos de Habitat

El ámbito casero, del cual forma parte el territorio, se define como el área donde normalmente se desplaza un organismo (Gerking, 1959), y cuya magnitud puede ser variable dependiendo de la especie y de las características del ambiente (Newman, 1956; Bjornn, 1971).

Un comportamiento típico en los salmónidos que habitan ríos y arroyos, es la defensa de un territorio (Gerking, 1953, 1959; Kalleberg, 1958; Keenleyside y Yamamoto, 1962; Allen, 1969; Grant et al., 1989; Grant y Kramer, 1990; Titus, 1990); el cual es conformado como el espacio o sitio específico en el arroyo que es ocupado por el mismo individuo, al menos 3 años ó *per vita*, y

cuya magnitud es variable con la especie (Allen, 1951; Miller, 1954, 1957; Newman, 1956; Cargill, 1980). En alusión a lo anterior, la trucha arcoiris *O. mykiss nelsoni*, se caracteriza por su comportamiento territorial y de permanencia (3 a 5 meses) en sitios específicos del arroyo (Ruiz-Campos y Villalobos-Ramírez, 1991), lo cual fue demostrado en base a los experimentos de marcaje-recaptura realizados a través del año. Esta subespecie exhibe un ámbito casero promedio de 14.6 m (60.2 m<sup>2</sup>), comparativamente similar a lo observado para otros salmónidos en Norteamérica: trucha café *Salmo trutta* (40-50 m<sup>2</sup>, Hesthagen, 1990; 15-30 m<sup>2</sup>, Bachman, 1984), salmón del Atlántico *Salmo salar* (36 m<sup>2</sup>, Saunders y Gee, 1964; 40-50 m<sup>2</sup>, Hesthagen, 1990), trucha Gila *Oncorhynchus gilae gilae* (10 m, Rinne, 1982), y trucha garganta cortada *Oncorhynchus clarki* (9-18 m, Miller, 1957); sin embargo, es bastante menor que los 165 m registrados en la trucha arcoiris *O. mykiss* ssp. (Cargill, 1980).

El tamaño del ámbito casero de la trucha *O. mykiss nelsoni* mostró una correlación significativa con la profundidad y descarga del arroyo, así como la densidad de presas a la deriva; sin embargo, fue independiente de la densidad de presas bentónicas, diversidad y biomasa de presas (deriva y bentónicas), temperatura, velocidad de corriente, y anchura del arroyo.

### Profundidad

La mayor parte de las truchas adultas (> 1 año) fueron colectadas en pozas cuya profundidad oscila entre 30 y 150 cm,

cuyo rango es similar al registrado para los individuos adultos de la trucha cabeza acerada (*O. mykiss irideus*) de >15 a 82 cm (Bjornn y Reiser, 1991). Los individuos adultos tienden a seleccionar y defender aquellos sitios o microhabitats más favorables (mayor profundidad, cobertura, y densidad de alimento, y menor depredación), lo cual permite la segregación espacial de los juveniles-del-año hacia aquellos sitios de poca profundidad (<30 cm) y mayor velocidad de corriente (Saunders y Smith, 1962; Marcus et al., 1990a; Bjornn y Reiser, 1991), dado que los juveniles tienen un menor comportamiento agonístico para defender territorios en comparación con los adultos (Newman, 1956; Li y Brocksen, 1977; Ruiz-Campos, 1989).

En este estudio, se observó que la morfología del arroyo (profundidad y pendiente) al igual que otras características hidrológicas (descarga y velocidad) influyen de manera importante en la cantidad de alimento y calidad de sustrato disponible para la trucha, los cuales determinan la capacidad de carga de individuos en los arroyos (Allen, 1969; Bjornn y Reiser, 1991). ®

La presencia de pozas en los arroyos de la SSPM, puede ser de tipo estacional y dependiente de los niveles de descarga dado que durante la estación de lluvias en el invierno, las pozas pueden asolverse por la entrada de sedimento vía lavado del suelo de las zonas aledañas; asimismo, pueden desaparecer al romperse la estructura natural del represo (p. ej., troncos, piedras) por el efecto de las fuertes crecientes.

### Descarga y Velocidad de Corriente

Uno de los factores abióticos que registró una relación significativa con la amplitud del ámbito casero de la trucha del Arroyo San Rafael, fue la tasa de descarga o flujo del arroyo, la cual osciló entre 0.119 y 2.204 m<sup>3</sup>/s.

Las máximas descargas fueron registradas en la estación de lluvia de invierno, donde se presentó el desbordamiento del arroyo debido a los aportes del agua de lluvia. En tal situación, la amplitud del ámbito casero de la trucha fue mayor debido al efecto de transporte por la corriente.

La trucha de la SSPM, durante condiciones normales de flujo prefiere los sitios de menor velocidad de corriente y de mayor profundidad (pozas >30 cm), los cuales ofrecen una mayor cobertura, protección, y disponibilidad de alimento. Diversos estudios han demostrado para varias especies de salmónidos que los individuos tienden a seleccionar áreas específicas menos agitadas, cuando existe un incremento en el flujo y velocidad de la corriente, debido a que el costo energético para mantener su posición es menor (Burner, 1951; Briggs, 1953; Miller, 1957; Rantz, 1964; Smith, 1973; Bisson, 1991). Asimismo, el período de desove de esta subespecie se confina a la estación de invierno (enero a marzo) concomitante con los valores más altos de descarga y velocidad de la corriente, en donde los adultos reproductores exhiben un mayor despazamiento en búsqueda de sitios adecuados para desove (Burner, 1951; Briggs, 1953; Rantz, 1964; Smith, 1973; Bjornn, 1991; Bjornn y Reiser, 1991).

### Temperatura

La amplitud del ámbito casero de la trucha *O. mykiss nelsoni*, no registró una relación significativa con la temperatura del agua, a pesar de las fuertes fluctuaciones diarias y estacionales. En alusión a lo anterior, las truchas exhibieron poco desplazamiento y una fuerte permanencia hacia aquellos sitios de mayor cobertura, profundidad, y disponibilidad de alimento (p. ej., pozas), donde la temperatura y velocidad de la corriente es menor, y por ende disminuye el gasto metabólico en la defensa de sus territorios. Diversos autores han encontrado para varias especies de salmónidos que la temperatura del agua induce el desplazamiento de los individuos hacia sitios donde ésta es más apropiada (Smith y Saunders, 1958; Smith, 1963; Chapman y Bjornn, 1969); aunque otros autores señalan que no es el principal factor que induce el desplazamiento (Osterdahl, 1969; Bjornn, 1971).

---

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

### Sedimentos

Debido a las características geomorfológicas e hidrométricas de los arroyos de la SSPM, su composición sedimentológica es dominada por arenas (0.06625 a 1.9 mm; >90 %) de naturaleza granítica, y con un escaso depósito de materia orgánica (0.83%).

En el Arroyo San Rafael, la composición del sustrato fue similar entre los 3 transectos de muestreo, principalmente en lo que concierne a su tamaño y clasificación granulométrica. La

trucha en este arroyo tiende a preferir los sitios de mayor cobertura (Taylor, 1988; Heggenes et al., 1990; Clapp et al., 1990; Baltz et al., 1991; Heggenes et al., 1991a; 1991b); mayor profundidad (>30 cm; Nagoshi et al., 1988; Clapp et al., 1990; Baltz et al., 1991; Heggenes et al., 1991a), menor velocidad de la corriente (Taylor, 1988; Clapp et al., 1990; Grost et al., 1990; Baltz et al., 1991; Heggenes et al., 1990; 1991b), como son las pozas y recodos, donde predomina el sustrato arenoso (Clapp et al., 1990). Dichos biotopos poseen además altos niveles de oxigenación y una mayor disponibilidad de presas bentónicas.

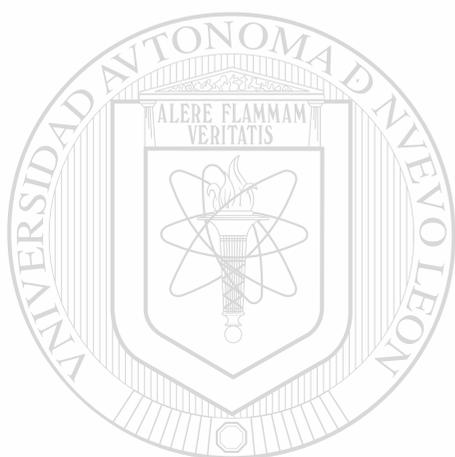
La frecuencia de tallas de la trucha en relación al tipo de sustrato del arroyo, indica que los individuos marcados-recapturados presentan un comportamiento típico de permanencia en sitios específicos del arroyo (p. ej., pozas) donde predomina el sustrato arenoso.

---

#### Disponibilidad de Alimento

La disponibilidad de alimento ha sido considerado como un factor que delimita la amplitud de desplazamiento y el tamaño del territorio en salmónidos (Chapman, 1966; Slaney y Northcote, 1974; Ebersole, 1980; Hixon, 1980), lo cual es dependiente de la densidad de individuos (Slaney y Northcote, 1974) y el nivel de competencia inter e intraespecífica (Chapman, 1966; Hixon, 1980). En el presente estudio, la amplitud del ámbito casero de la trucha *O. mykiss nelsoni* en el Arroyo San Rafael, demostró ser independiente de la densidad de presas bentónicas y de la

diversidad de presas (bentónicas y de deriva), debido a que la densidad y diversidad de presas fue similar a través del año. Por tal motivo, es muy posible que las truchas no requieran tener un mayor desplazamiento para la obtención de alimento (Bjornn, 1971).



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## VIII CONCLUSIONES

1. La trucha arcoiris costera, *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann), se distribuye en la pendiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir, en los dos sistemas hidrológicos más importantes: Santo Domingo (Arroyos La Grulla, San Antonio de Murillos, El Potrero, y La Zanja) y San Rafael (Arroyo San Rafael).
2. La distribución altitudinal de la trucha arcoiris en la Sierra San Pedro Mártir (SSPM), es de 500 a 2,030 msnm.
3. La estructura poblacional de la trucha de la SSPM se integra de 5 clases de edad (0 a IV años), particularmente en el Arroyo San Rafael y el Arroyo La Grulla.
4. La mayor tasa de crecimiento somático (peso y longitud) de la trucha se registra durante el primer año de edad.
5. Los parámetros calculados del crecimiento somático en longitud (modelo de von Bertalanffy) fueron:  $L_{\infty} = 330.1$  mm LP,  $K = 0.1591$ , y  $t_0 = -1.475$ ; y para el crecimiento somático en peso (modelo de Gompertz):  $W_0 = 9.182$ ,  $G = 4.570$ , y  $g = 0.2215$ .
6. La relación peso-longitud de la trucha para la población del Arroyo San Rafael, es  $W = 0.00004477 * LP^{2.810}$ , y para la población del Arroyo La Grulla,  $W = 0.00003314 * LP^{2.860}$ ; demostrando en ambos casos un crecimiento de tipo alométrico.
7. El factor de condición relativo ( $K_n$ ) promedio de la trucha arcoiris de la población del Arroyo San Rafael (todos los años, clases de edad, y sexos combinados) es  $\bar{K}_n = 1.003 \pm$

0.129, y fue significativamente similar al de la población del Arroyo La Grulla ( $\bar{K}_n = 1.005 \pm 0.097$ ).

8. El factor de condición relativo ( $K_n$ ) de machos, hembras, e inmaduros fue similar en la población del Arroyo San Rafael en cambio en la población del Arroyo La Grulla, fue mayor en los inmaduros y similar entre machos y hembras.
9. El factor de condición relativo ( $K_n$ ) fue significativamente similar entre las diferentes clases de edad de la trucha arcoiris, tanto en la población del Arroyo San Rafael, como en la población del Arroyo La Grulla.
10. La dieta de la trucha arcoiris es básicamente insectívora en la población del Arroyo San Rafael y es dominada en un 90% por cuatro tipos de presa (Simuliidae, Sericostomatidae, Hydroptilidae, e Hydropsychidae), demostrando una estrategia trófica especialista en el tipo y tamaño de presa consumida.
11. La dieta difiere con la talla (longitud patrón) de la trucha, principalmente entre los individuos <56 mm y aquellos >125 mm.
12. La dieta de la trucha (todas las clases de tallas combinadas) cambia estacionalmente, siendo más evidente durante invierno y primavera.
13. La diversidad trófica por individuo fue similar a través del año, pero el tamaño promedio de presa por estómago difiere significativamente con la talla de la trucha.
14. El tamaño promedio de presa consumida registró una relación significativa con el tamaño de la boca de la trucha, ya sea

considerando el promedio de todos los taxa presa por estómago, como también para cada una de las presas más importantes en la dieta.

15. La talla y edad de primera madurez sexual de la trucha arcoiris de la SSPM, se establece en el intervalo de talla de 103 a 112 mm LP y 1 año de edad, respectivamente.

16. La fecundidad *per capita* fue de  $192 \pm 77$  ovocitos ( $\bar{X} = 15.34$  ovos/cm LP), y registró una relación significativa con la talla, peso, y edad de la trucha.

17. El tamaño promedio del ovocito para esta subespecie de trucha arcoiris fue 3.14 mm, y es independiente de la talla y el peso del pez.

18. El índice gonadosomático relativo (Gr) fue menor en mayo cuando se inicia la formación de la gónada, y mayor en diciembre durante la etapa de gravidez o de mayor desarrollo gonádico; Gr demostró un relación inversa con el factor de condición relativo (Kn).

19. El período de desove ocurre de enero a marzo (invierno), y es más intenso en febrero. ®

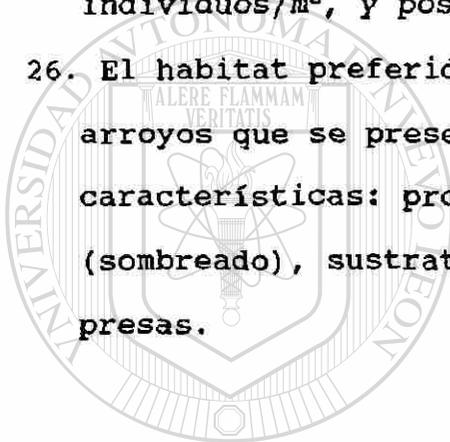
20. El período de reclutamiento de juveniles a la población se registró en primavera (mayo a junio).

21. El tamaño promedio del ámbito casero de la trucha durante el año fue de 14.6 metros, y presentó una conducta de permanencia en sitios específicos del arroyo.

22. El ámbito casero de la trucha demostró una correlación significativa con la profundidad y descarga del arroyo, así

como también con la densidad de presas a la deriva.

23. El ámbito casero de la trucha fue similar entre sus clases de talla.
24. El mayor desplazamiento de la trucha se registró durante la estación de invierno (período de lluvias) concomitante con el período de reproducción y de desove.
25. La densidad promedio de truchas en el Arroyo San Rafael antes del incendio forestal de agosto de 1989 fue de 0.047 individuos/m<sup>2</sup>, y posterior a éste, fue de 0.005 individuos/m<sup>2</sup>.
26. El hábitat preferido por la trucha es pozas y recodos en los arroyos que se presenta la siguiente combinación de características: profundidad >30 cm, mayor cobertura (sombreado), sustrato arenoso y mayor disponibilidad de presas.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## IX. Recomendaciones sobre Manejo y Conservación

El estatus actual de conservación de la trucha arcoiris de la Sierra San Pedro Mártir (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*), puede ser considerado como estable, lo cual es consecuencia de lo remoto y poco accesible de los sitios de distribución. Sin embargo, éstos sitios deben ser considerados como ecosistemas frágiles al disturbio potencial por actividades antropogénicas, por lo que es fundamental que a corto, mediano y largo plazo, se establezca un plan de conservación y manejo integral de estos ecosistemas.

Las consideraciones y recomendaciones para la conservación y el manejo de esta subespecie endémica de trucha arcoiris [considerada actualmente como una de las más puras de Norteamérica] que pueden ser derivadas a partir de las características bionómicas y poblacionales aquí definidas, son:

(1) Que el Arroyo Santo Domingo (= San Antonio o San Antonio de Murillos), específicamente en la localidad tipo (Rancho San Antonio), sea propuesta como un área de resguardo o conservación del germoplasma endémico de esta subespecie. Lo anterior, es fundamental para la futura conservación de esta subespecie, debido a que esta localidad se encuentra situada fuera de los límites territoriales del Parque Nacional de la Sierra San Pedro Mártir. (2) Impedir o prohibir estrictamente cualquier introducción de otras especies ícticas u otra de carácter exótica a los ecosistemas acuáticos de la Sierra San Pedro Mártir, que pudieran potencialmente competir por espacio y/o alimento con la

trucha nativa. Esto, toma mayor importancia en el caso de la introducción de especies congénéricas ó conespecíficas, donde situaciones de exclusión competitiva, hibridación, pérdida de la diversidad genética, y declive de las nativas, son algunas de las consecuencias negativas de tales introducciones (Berg y Gall, 1988; Leary, 1991; Nehlsen et al., 1991; Behnke, 1992; Dowling y Childs, 1992). (3) Reglamentar la talla mínima de captura de la trucha a ejemplares  $\geq 160$  mm LP ( $>$  dos años de edad), estrictamente en aquellos sitios donde tradicionalmente se practica la pesca recreativa (p. ej., Arroyo San Rafael y Arroyo La Grulla), cuya restricción de captura permitirá que los ejemplares menores a la talla antes referida, alcancen su madurez sexual y su consecuente actividad reproductiva; (4) Se sugiere delimitar la época de veda en la estación de invierno (diciembre a marzo), que corresponde al período de reproducción y desove de esta trucha. (5) Desarrollar actividades de manejo encaminadas con la protección y mejoramiento de los ecosistemas donde se distribuye la trucha (tanto acuático como ripario), que eviten o frenen la alteración de éstos por el efecto del ganado y otras actividades antropogénicas. (6) Evitar el uso de los ecosistemas riparios para fines de ganadería, ya que el pastoreo por el ganado ocasiona alteraciones en la zona riparia y en la morfología de los arroyos, que pueden ser críticos o perjudiciales en la calidad de habitat de la trucha (Marcus et al., 1990a, 1990b; Contor y Platts, 1991), siendo los principales: a) incremento en la temperatura del agua debido a la

---

pérdida de la vegetación riparia; b) incremento de la sedimentación de los bancos del arroyo y erosión del estrato adyacente (estrato estable), c) aumento en la cantidad de bacterias coliformes, d) incremento en la anchura del canal del arroyo debido a la erosión de los bancos, e) alteración de la morfología del canal, f) alteración de la comunidad vegetal y/o pérdida de la misma, y g) pérdida del estrato vegetal ripario debido a degradación del canal y disminución del nivel freático.

(7) Prohibir la construcción de caminos o brechas dentro o adyacente a los ambientes riparios, debido a que esta práctica es una de las principales causantes de los procesos de erosión y/o sedimentación de los arroyos, alterando los requerimientos y calidad de habitat (flujo y cobertura) de la trucha (Marcus et al., 1990a). Y (8) Impedir la construcción de obras hidráulicas (e.g., represos, presas, canales de irrigación, etc.) en los sitios donde se distribuye la trucha, debido a que alteran los regimenes de flujo y la temperatura, asimismo cambian el patrón de nutrientes que fluyen arroyo abajo (Marcus et al., 1990a). ®

La futura conservación de la trucha *O. mykiss nelsoni* y de sus habitats, dependerá de la planeación y aplicación de un esquema de conservación y manejo integral de las cuencas hidrológicas, que permita la continuidad de esta subespecie endémica, que es un patrimonio biológico y una parte de la historia natural de la Sierra San Pedro Mártir.

## X. LITERATURA CITADA

- Allan, J.D. 1978. Trout predation and the size composition of stream drift. *Limnology and Oceanography* 23:1231-1237.
- Allen, K.R. 1941. Studies on the biology of the early stages of the salmon (*Salmo salar*). 2. Feeding habits. *Journal of Animal Ecology* 10:47-76.
- Allen, K.R. 1951. The Horokiwi Stream: a study of a trout population. New Zealand Marine Department of Fisheries, *Bulletin* 10:1-238.
- Allen, K.R. 1969. Limitation on production in salmonid populations in streams. Pags. 3-18. En *Symposium on salmon and trout in streams*. T.G. Northcote (ed.). H.R. MacMillan Lectures in Fisheries, University of British Columbia, Vancouver, B.C.
- Allen, G.H., y G.A. Sanger. 1960. Fecundity of rainbow trout from actual count of eggs. *Copeia* 1960(3):260-261.
- 
- Alvarez, M. 1985. Climatología de la Sierra San Pedro Mártir. *Proceedings of the Desert Fishes Council* 13:331-342. ®
- Alvarez, M., y J. Maisterrena. 1977. Observaciones meteorológicas y climatológicas en la Sierra de San Pedro Mártir. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, vol. 2(43).
- Alvord, W. 1954. Validity of age determinations from scales of brown trout, rainbow trout, and brook trout. *Transactions of the American Fisheries Society* 83:91-103.
- Angradi, T.R., y J.S. Griffith. 1990. Diel feeding chronology and diet selection of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in

the Henry's Fork of the Snake River, Idaho. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 47:199-209.

Anderson, R.O., y S.J. Gutreuter. 1983. Length, weight, and associated structural indices. Pags. 283-300 En Fisheries techniques. L.A. Nielsen y D.L. Johnson (eds.). American Fisheries Society, Bethesda (Maryland).

Bachman, R.A. 1984. Foraging behavior of free-ranging wild and hatchery brown trout in a stream. Transactions of the American Fisheries Society 113:1-32.

Bagenal, T.B. 1978. Aspects of fish fecundity. Pags. 75-101 En Ecology freshwater fish production. S.D. Gerking (ed.). John Wiley and Sons, New York.

Bagenal, T.B., y F.W. Tesch. 1978. Age and growth. Pags. 101-136 En Methods for assessment of fish production in freshwater. T.B. Bagenal (ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford (England).

Balon, E.K. 1975. Reproductive guilds in fishes: a proposal and definition. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 32:821-864.

Baltz, D.M., B. Vondracek, L.R. Brown, y P.B. Moyle. 1991. Seasonal changes in microhabitat selection by rainbow trout in a small stream. Transactions of the American Fisheries Society 120:166-176.

Barajas, A.M. 1991. La Sierra de San Pedro Mártir: crecimiento de un gigante. Pags. 27-28 En Memoria III Semana de la Exploración y la Historia: Sierra de San Pedro Mártir. C.

- Lazcano (ed.). Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada (B.C.).
- Beauchamp, D.A. 1990. Seasonal and diel food habits of rainbow trout stocked as juveniles in Lake Washington. *Transactions of the American Fisheries Society* 119:475-482.
- Behnke, R.J. 1987. How a trout sees. *Trout* 28(3):32-39.
- Behnke, R.J. 1992. Native trout of western North America. *American Fisheries Society Monograph* 6. 275 p.
- Behnke, R.J., y M. Zarn. 1976. Biology and management of threatened and endangered western trout. Rocky Mountain Forest Range Experiment Station RM-28, General Technical Report. 45 p.
- Berg, M.B., y R.A. Hellenthal. 1991. Secondary production of Chironomidae (Diptera) in a north temperate stream. *Freshwater Biology* 25:497-505.
- Berg, W.J., C. Yruretagoyena, y E.P. Pister. Manuscrito. Genetic characterization and systematics of the San Pedro Martir rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann).<sup>®</sup>
- Berg, W.J., y G.A.E. Gall. 1988. Gene flow and genetic differentiation among California coastal rainbow trout populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45:122-131.
- Beverton, R.J.H. 1987. Longevity in fish: some ecological and evolutionary considerations. Pags. 161-185 En *Evolution of longevity in animals*. A.D. Woodhead y K.H. Thompson (eds.). Plenum Press, New York.

- Billard, R. 1992. Reproduction in rainbow trout: sex differentiation, dynamics of gametogenesis, biology and preservation of gametes. *Aquaculture* 100:263-298.
- Björnsson, P.A. 1978. Diel food selection by two sizes of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in an experimental stream. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 35:971-975.
- Björnsson, P.A. 1991. Streams and rivers. Pags. 135-142 En Trout. J Stolz y J. Schnell (eds.). The Wildlife Series, Stackpole Books, Harrisburg (Pennsylvania).
- Björnsson, T.C. 1971. Trout and salmon movements in two Idaho streams as related to temperature, food, stream flow, cover, and population density. *Transactions of the American Fisheries Society* 100:423-438.
- Björnsson, T.C. 1991. Spawning and development. Pags. 57-64 En Trout. J. Stolz y J. Schnell (eds.). The Wildlife Series, Stackpole Books, Harrisburg (Pennsylvania).
- 
- Björnsson, T.C., y D.W. Reiser. 1991. Habitat requirements of salmonids in streams. Chapter 4. Pags. 83-138 En Influences of forest and rangeland management on salmonid fishes and their habitats. *American Fisheries Society Special Publications* 19.
- Björnsson, T.C., y J. Mallet. 1964. Movements of planted and wild trout in an Idaho River System. *Transactions of the American Fisheries Society* 93:70-76.
- Blásquez, L. 1959. Hidrogeología de las regiones desérticas de México. *Anales del Instituto de Geología, Univ. Autónoma de*

- Billard, R. 1992. Reproduction in rainbow trout: sex differentiation, dynamics of gametogenesis, biology and preservation of gametes. *Aquaculture* 100:263-298.
- Bisson, P.A. 1978. Diel food selection by two sizes of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in an experimental stream. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 35:971-975.
- Bisson, P.A. 1991. Streams and rivers. Pags. 135-142 En *Trout*. J Stolz y J. Schnell (eds.). The Wildlife Series, Stackpole Books, Harrisburg (Pennsylvania).
- Bjornn, T.C. 1971. Trout and salmon movements in two Idaho streams as related to temperature, food, stream flow, cover, and population density. *Transactions of the American Fisheries Society* 100:423-438.
- Bjornn, T.C. 1991. Spawning and development. Pags. 57-64 En *Trout*. J. Stolz y J. Schnell (eds.). The Wildlife series, Stackpole Books, Harrisburg (Pennsylvania).
- 
- Bjornn, T.C., y D.W. Reiser. 1991. Habitat requirements of salmonids in streams. Chapter 4. Pags. 83-138 En *Influences*® of forest and rangeland management on salmonid fishes and their habitats. *American Fisheries Society Special Publications* 19.
- Bjornn, T.C., y J. Mallet. 1964. Movements of planted and wild trout in an Idaho River System. *Transactions of the American Fisheries Society* 93:70-76.
- Blásquez, L. 1959. Hidrogeología de las regiones desérticas de México. *Anales del Instituto de Geología, Univ. Autónoma de*

México. Tomo XV. 172 p.

Bonner, J.T. 1965. Size and cycles: an essay on the structure of biology. Princeton University Press, Princeton (New Jersey). 219 p.

Briggs, J.C. 1953. The behavior and reproduction of salmonid fishes in a small coastal stream. California Department of Fish and Game, Fisheries Bulletin 94:1-62.

Brett, J.R., y T.D.D. Groves. 1979. Physiological energetics. Pags. 279-352 En Fish physiology. Vol. VIII. Bioenergetics and growth. W.S. Hoar, D.J. Randall, y J.R. Brett (eds.). Academic Press, New York.

Bromage, N., P. Hardiman, J. Jones, J. Springate, y V. Bye. 1990. Fecundity, egg size and total egg volume differences in 12 stocks of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* Richardson. Aquaculture and Fisheries Management 21:269-284.

Bryan, J.E., y P.A. Larkin. 1972. Food specialization by individual trout. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 29:1615-1624.

Burner, C.J. 1951. Characteristics of spawning nests of Columbia River salmon. U.S. Department of the Interior, U.S. Fish and Wildlife Service, Fishery Bulletin 52(61):97-110.

Calder, W.A. III. 1984. Size, function, and life history. Harvard University Press, Cambridge. 431 p.

Cargill, A.S. 1980. Lack of rainbow trout movement in a small stream. Transactions of the American Fisheries Society 109:484-490.

Carlander, K.D. 1969. Handbook of freshwater fishery biology.

Volume I. The Iowa State University Press, Ames (Iowa). 752 p.

Chapman, D.W. 1966. Food and space as regulators as regulators of salmonid populations in streams. *The American Naturalist* 100:345-357.

Chapman, D.W., y T.C. Bjornn. 1969. Distribution of salmonids in streams with special reference to food and feeding. Pags. 153-176 En Symposium on salmon and trout in streams. T.G. Northcote (ed.). H.R. MacMillan Lectures in Fisheries, University of British Columbia, Vancouver, B.C.

Cirilo-Sánchez, H. y G. Ruiz-Campos. 1987. Feeding habits of the San Pedro Mártir trout, *Salmo nelsoni*. *Proceedings of the Desert Fishes Council* 17:153-163.

Clapp, D.F., R.D. Clark, Jr., y J.S. Diana. 1990. Range, activity, and habitat of large, free-ranging brown trout in a Michigan stream. *Transactions of the American Fisheries Society* 119:1022-1034.

Clemens, W.A. 1928. The food of trout from the streams of Oneida County, New York State. *Transactions of the American Fisheries Society* 58:183-197.

Cone, R.S. 1989. The need to reconsider the use of condition indices in fishery science. *Transactions of the American Fisheries Society* 118:510-514.

Contor, C.R., y W.S. Platts. 1991. Assessment of COWFISH for predicting trout populations in grazed watersheds of the

- Intermountain West. General Technical Report INT-278.  
Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service,  
Intermountain Research Station. 28 p.
- Cooper, E.L. 1951. Validation of the use of scales of brook  
trout, *Salvelinus fontinalis*, for age determination. *Copeia*  
1951:141-148.
- Coulston, P.J., y O.E. Maughan. 1981. Age and growth of trout  
from two lightly fished North Carolina streams. *The Journal*  
*of the Elisha Mitchell Scientific Society* 97:191-193.
- Davis, J.C. 1973. Statistics and data analysis in geology. John  
Wiley and Sons, New York. p 456-473.
- Decker, L.M., y D.C. Erman. 1992. Short-term seasonal changes in  
composition and abundance of fish in Sagehen Creek,  
California. *Transactions of the American Fisheries Society*  
121:297-306.
- Delgadillo-Rodríguez, J. 1992. Florística y ecología del norte de  
Baja California. Universidad Autónoma de Baja California,  
México. 345 p.
- Delgado-Argote, L.A. 1991. El plutón de San Pedro Mártir: una  
visita geológica. Pags. 25-27 En Memoria III Semana de la  
Exploración y la Historia: Sierra de San Pedro Mártir. C.  
Lazcano (ed.). Universidad Autónoma de Baja California,  
Ensenada (B.C.).
- Donaldson, L.R., y P.R. Olson. 1955. Development of rainbow trout  
brood stock by selective breeding. *Transactions of the*  
*American Fisheries Society* 85:93-101.

- Dowling, T.E., y M.R. Childs. 1992. Impact of hybridization on a threatened trout of the southwestern United States. *Conservation Biology* 6:355-364.
- Duff, D.A., y J.L. Cooper. 1976. Techniques for conducting stream habitat surveys on National Resource Land. Technical Note T/N 283. Bureau of Land Management-U.S. Department of the Interior. 73 p.
- Ebersole, J.P. 1980. Food density and territory size: an alternative model and a test on the reef fish, *Eupomacentrus leucostictus*. *The American Naturalist* 115:492-509.
- Elliott, J.M. 1973. The food of brown and rainbow trout (*Salmo trutta* and *S. gairdneri*) in relation to the abundance of drifting invertebrates in a mountain stream. *Oecologia* 12:329-347.
- Elliott, G.V., y T.M. Jenkins, Jr. 1972. Winter food of trout in three high elevation Sierra Nevada lakes. *California Fish and Game* 58:231-237.
- Evermann, B.W. 1908. Descriptions of a new species of trout (*Salmo nelsoni*) and a new cyprinodont (*Fundulus meeki*) with notes on other fishes from Lower California. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 21:19-30.
- Fausch, K.D. 1991. Trout as predator. Pags. 65-80 En Trout. J. Stolz y J. Schnell (eds.). *The Wildlife Series*, Stackpole Books, Harrisburg (Pennsylvania).
- Feinsinger, P., E.E. Spears, y R.W. Poole. 1981. A simple measure

of niche breadth. *Ecology* 62:27-32.

- Fenchel, T. 1974. Intrinsic rate of natural increase: the relationship with body size. *Oecologia* 14:317-326.
- Folk, R.L. 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill's Publishing Company, Austin (Texas). 215 p.
- Follett, W.I. 1960. The fresh-water fishes- their origins and affinities. Symposium on The Biogeography of Baja California and adjacent seas. *Systematics Zoology* 9:212-232.
- Galbraith, M.G., Jr. 1967. Size-selective predation on *Daphnia* by rainbow trout and yellow perch. *Transactions of the American Fisheries Society* 96:1-10.
- Galkina, Z.I. 1962. Dependence of egg size on the size and age of female salmon [*Salmo salar* (L.)] and rainbow trout [*Salmo irideus* (Gib.)]. State Research Institute for Lake and River Fisheries (GosNIORKh), Leningrado. 625-633.
- 
- García, E., y P. Mosiño. 1968. Los climas de Baja California. Instituto de Geofísica, UNAM, México. Memoria 1966-1967. ®
- Gastil, G., D. Krummenacher, y J. Minch. 1979. The record of Cenozoic volcanism around the Gulf of California. *Geological Society of America, Bulletin* 90:839-857.
- Gastil, R.G., R.P. Phillips, y E.C. Allison. 1975. Reconnaissance geology of the State of Baja California. *Geological Society of America, Memoir* 140. 170 p.
- Gerking, S.D. 1953. Evidence for the concepts of home range and territory in stream fishes. *Ecology* 34:347-365.

Gerking, S.D. 1959. The restricted movement of fish populations. *Biological Reviews* 34:221-242.

Gibson, R.J., y G. Power. 1975. Selection by brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) of shade related to water depth. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 32:1652-1656.

Gibson, R.J., y M.H.A. Keenleyside. 1966. Response to light of young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Journal of the Fisheries Reserach Board of Canada* 23:1652-1656.

Ginetz, , R.M., y P.A. Larkin. 1973. Choice of colors of food items by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 30:229-234.

Grant, J.W.A., D.L.G. Noakes, y K.M. Jonas. 1989. Spatial distribution of defence and foraging in young-of-the-year brook charr, *Salvelinus fontinalis*. *Journal of Animal*

*Ecology* 58:773-784.

Grant, J.W.A., y D.L. Kramer. 1990. Territory size as a predictor of the upper limit to population density of juvenile salmonids in streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47:1724-1737.

Greeley, J.R. 1933. The growth rate of rainbow trout from some Michigan waters. *Transactions of the American Fisheries Society* 63:361-378.

Grinnell, J. 1928. A distributional summation of the ornithology of Lower California. *University of California Publications*

- in *Zoology* 32:1-300.
- Grost, R.T., W.A. Hubert, y T.A. Wesche. 1990. Redd site selection by brown trout in Douglas Creek, Wyoming. *Journal of Freshwater Ecology* 5:365-371.
- Hanson, J.A., y R.H. Wickwire. 1967. Fecundity and age at maturity of lake trout, *Salvelinus namaycush* (Walbaum), in Lake Tahoe. *California Fish and Game* 53:154-164.
- Hartman, G.F. 1958. Mouth size and food size in young rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Copeia* 1958:233-234.
- Hartman, W.L. 1959. Biology and vital statistics of rainbow trout in the Finger Lakes region, New York. *New York Fish and Game Journal* 6:121-178.
- Heggenes, J. A. Brabrand, y S. J. Saltveit. 1990. Comparison of three methods for studies of stream habitat use by young brown trout and Atlantic salmon. *Transactions of the American Fisheries Society* 119:101-111.
- 
- Heggenes, J., A. Brabrand, y S.J. Saltveit. 1991a. Microhabitat use by brown trout, *Salmo trutta* L. and Atlantic salmon, *S. salar* L., in a stream: a comparative study of underwater and river bank observations. *Journal of Fish Biology* 38:259-266.
- Heggenes, J. T.G. Northcote, y A Peter. 1991b. Seasonal habitat selection and preferences by cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki*) in a small, coastal stream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48:1364-1370.
- Hesthagen, T. 1990. Home range of juvenile Atlantic salmon, *Salmo*

- salar, and brown trout, *Salmo trutta*, in a Norwegian stream. *Freshwater Biology* 24:63-67.
- Hile, R. 1948. Standardization of methods of expressing lengths and weights of fish. *Transactions of the American Fisheries Society* 75:157-164.
- Hixon, M.A. 1980. Food production and competition density as the determinates of feeding territory size. *The American Naturalist* 115:510-530.
- Hoar, W.S. 1954. The behaviour of juvenile Pacific salmon, with particular reference to the sockeye (*Oncorhynchus nerka*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 11:69-97.
- Hubbs, C.L. 1946. Wandering of pink salmon and other salmonid fishes into southern California. *California Fish and Game* 32:81-86.
- Huey, L.M. 1964. The mammals of Baja California, Mexico. *Transactions of the San Diego Society of Natural History* 13:85-168.
- Hume, L.C. 1955. Rainbow trout spawn twice a year. *California Fish and Game* 41:117.
- INEGI. 1982. *Cartas geológicas. Escala 1:50,000.* Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Secretaría de Programación y Presupuesto, México.
- Irvine, J.R., y T.G. Northcote. 1982. Significance of sequential feeding patterns of juvenile rainbow trout in a large lake-fed river. *Transactions of the American Fisheries Society* 111:446-452.

- Islam, M.A., Y. Nose, y F. Yasuda. 1973. Egg characteristics and spawning season of rainbow trout. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 39:741-751.
- Jearld, A., Jr. 1983. Age determination. Pags. 301-324 En Fisheries techniques. L.A. Nielsen y D.L. Johnson (ed.). American Fisheries Society, Bethesda (Maryland).
- Jenkins, T.M, Jr. 1969. Night feeding of brown and rainbow trout in an experimental stream channel. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 26:3275-3278.
- Jenkins, T.M., Jr., C.R. Feldmeth, y G.V. Elliott. 1970. Feeding of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in relation to abundance of drifting invertebrates in a mountain stream. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 27:2356-2361.
- Jonsson, B., J.H. L'Abée-Lund, T.G. Heggberget, A.J. Jensen, B.O. Johnsen, T.F. Naesje, y M. Saettem. 1991. Longevity, body size, and growth in anadromous brown trout (*Salmo trutta*). Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences 48:1838-1845.
- Kalleberg, H. 1958. Observations in a stream tank of territoriality and competition in juvenile salmon and trout (*Salmo salar* L. and *S. trutta* L.). Reports from the Swedish State Institute of Fresh-water Fishery Research, Drottningholm 39:55-98.
- Kato, T. 1975. The relation between growth and reproductive characters of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Bulletin of the Freshwater Fisheries Research Laboratory (Tokyo) 25:83-

115.

- Keenleyside, M.H.A., y F.T. Yamamoto. 1962. Territorial behaviour of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Behaviour 19:139-169.
- Knapp, R.A., y T.L. Dudley. 1990. Growth and longevity of golden trout, *Oncorhynchus aguabonita*, in their native streams. California Fish and Game 76:161-173.
- Kratter, A.W. 1991. First nesting record for Williamson's Sapsucker (*Sphyrapicus thyroideus*) in Baja California Mexico, and comments on the biogeography of the fauna of the Sierra San Pedro Mártir. The Southwestern Naturalist 36:247-250.
- Kratter, A.W. 1992. Montane avian biogeography in southern California and Baja California. Journal of Biogeography 19:269-283.
- Krebs, J.R. 1978. Optimal foraging: decision rules for predators. Pags. 23-63 En Behavioural ecology. J. R. Krebs y N. B. Davies (eds.). Blackwell Scientific, Oxford.
- Kwain, W. 1971. Life history of rainbow trout *Salmo gairdneri* in Batchawana Bay, Eastern Lake Supanton. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 28:771-775.
- L'Abée-Lund, J.H., B. Jonsson, A.J. Jensen, L.M. Saettem, T.G. Heggberget, B.O. Johnsen, y T.F. Naesje. 1989. Latitudinal variation in life-history characteristics of sea-run migrant brown trout *Salmo trutta*. Journal of Animal Ecology 58:525-542.

- L'Abée-Lund, J.H., y K. Hindar. 1990. Interpopulation variation in reproductive traits of anadromous female brown trout, *Salmo trutta* L. *Journal of Fish Biology* 37:755-763.
- Lagler, K.F. 1978. *Freshwater fishery biology*. WM. C. Brown Co. Publishers, Dubuque (Iowa). 421 p.
- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller, y D.R.M. Passino. 1984. *Ictiología*. Primera edición. Editorial AGT, México. 489 p.
- Leary, R.F. 1991. Why not stock?. Pags. 346-350 En *Trout*. J. Stolz y J. Schnell (eds.). The Wildlife Series, Stackpole Books, Harrisburg (Pennsylvania).
- Le Cren, E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20:201-219.
- Le Cren, E.D. 1969. Estimates of fish populations and production in small streams in England. Pags. 269-280 En *Symposium on salmon and trout in streams*. T.G. Northcote (ed.). H.R. MacMillan Lectures in Fisheries, University of British Columbia, Vancouver, B.C.
- Legler, R.E. 1977. New indices of well-being for bluegills. Master's thesis. University of Missouri, Columbia, Missouri (USA).
- Levins, R. 1968. *Evolution in changing environments*. Princeton University Press, Princeton (New Jersey). 120 p.
- Lewis, S.L. 1969. Physical factors influencing fish populations in pools of a trout stream. *Transactions of the American Fisheries Society* 98:14-19.

Li, H.W., y R.W. Brocksen. 1977. Approaches to the analysis of energetics costs of intraspecific competition for space by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Journal of Fish Biology* 11:329-341.

MacCrimmon. H.R. 1954. Stream studies on planted Atlantic salmon. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 11:362-403.

MacCrimmon, H.R. 1971. World distribution of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 28:663-704.

MacCrimmon, H.R. 1972. World distribution of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): further considerations. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 29:1788-1791.

MacFadden, J.T., E.L. Cooper, y J.K. Anderson. 1965. Some effects of environment on eggs production in brown trout (*Salmo trutta*). *Limnology and Oceanography* 10:89-95.

Maciolek, J.A., y P.R. Needham. 1951. Ecological effects of winter conditions on trout and trout foods in Convict Creek, California, 1951. *Transactions of the American Fisheries Society* 81:202-217.

Marcus, M.D., M.K. Young, L.E. Noel, y B.A. Mullan. 1990a. Salmonid-habitat relationships in the western United States. Gen. Tech. Rep. RM-188. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 84 p.

Marcus, M.D., L.E. Noel, y M.K. Young. 1990b. Rating salmonid

- habitat research needs in the Central Rocky Mountains. Fisheries (Bethesda) 15(5):14-18.
- Mayr, E. 1956. Geographical character gradients and climatic adaption. Evolution 10:105-108.
- McNicol, R.E., y D.L.G. Noakes. 1984. Environmental influences on territoriality of juvenile brook trout, *Salvelinus fontinalis*, in a stream environment. Environmental Biology of Fishes 10:29-42.
- McNicol, R.E., E. Scherer, y E.J. Murkin. 1985. Quantitative field investigations of feeding and territorial behavior of young-of-the year brook charr, *Salvelinus fontinalis*. Environmental Biology of Fishes 12:219-229.
- Meek, E.S. 1904. The fresh-water fishes of Mexico North of the Isthmus of Tehuantepec. Publication Field Columbian Museum 93 (Zoology serie) 5:1-252.
- Meehan, W.R., y T.C. Bjornn. 1991. Salmonid distributions and life history. Chapter 3 Pags. 47-82 En Influences of forest and rangeland management on salmonid fishes and their habitats. American Fisheries Society Special Publication 19.
- Mellink, E. 1991. Mamíferos conocidos de la Sierra San Pedro Mártir. Pags. 45-48 En Memoria III Semana de la Exploración y la Historia: Sierra San Pedro Mártir. C. Lazcano (ed.). Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada (B.C.).
- Metzelaar, J. 1928. The food of the rainbow trout in Michigan. Transactions of the American Fisheries Society 58:178-182.

- Miller, R.B. 1954. Movements of cutthroat after different periods of retention upstream and downstream from their homes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 11:550-558.
- Miller, R.B. 1957. Permanence and size of home territory in stream-dwelling cutthroat trout. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 14:687-691.
- Miller, R.R. 1950. Notes on the cutthroat and rainbow trouts with description of a new species from the Gila River, New Mexico. *Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan* Num. 529:1-42.
- Moore, G.A. 1937. The germ cells of the trout (*Salmo irideus* Gibbons). *Transactions of the American Microscopical Society* 56:105-112.
- Moreau, J. 1987. Mathematical and biological expression of growth in fishes: recent trends and further developments. Pags. 81-113. En *The age and growth of fish*. R.C. Summerfelt y G.E. Hall (eds.). The Iowa State University Press, Ames (Iowa).
- Murphy, B.R., D.W. Willis, y T.A. Springer. 1991. The relative weight index in fisheries management: status and needs. *Fisheries (Bethesda)* 16(2):30-38.
- Naevdal, G., M. Holm, R. Leroy, y D. Moller. 1979. Individual growth rate and age at sexual maturity in rainbow trout. *Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Havundersokelser* 17:1-10.

- Nagel, J.W., y J.E. Deaton. 1989. Growth and longevity of rainbow trout in two headwater streams in northeastern Tennessee. *Journal of the Tennessee Academy of Science* 64:9-12.
- Nagoshi, M., S. Nakano, y Y. Tokuda. 1988. Changes in the utilization of microhabitat and food with growth of the Amago *Oncorhynchus rhodurus* in a Japanese mountain stream. *Nippon Suisan Gakkaishi* 54(1):33-38.
- Neave, F. 1948. Fecundity and mortality in Pacific salmon. *Transactions of the Royal Society of Canada (series 3, section 5)* 42:97-105.
- Needham, P.R. 1930. Studies on the seasonal food of brook trout. *Transactions of the American Fisheries Society* 60:73-86.
- Needham, P.R. 1938. Notes on the introduction of *Salmo nelsoni* Evermann into California from Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society* 67:139-146.
- Needham, P.R. 1955. Trail of the Mexican trout. *Pacific Discovery* 8(4):18-24.
- Needham, P.R., y R. Gard. 1959. Rainbow trout in Mexico and California with notes on the cutthroat series. *University of California Publications in Zoology* 67:1-124.
- Needham, P.R., y E.H. Vestal. 1938. Notes on growth of golden trout (*Salmo aqua-bonita*) in two High Sierra lakes. *California Fish and Game* 24:273-279.
- Nehlsen, W., J.E. Williams, y J.A. Lichatowick. 1991. Pacific salmon at the crossroads: stocks at risk from California, Oregon, Idaho, and Washington. *Fisheries (Bethesda)*

16(2):4-21.

- Nelson, E.W. 1921. Lower California and its natural resources. Memoirs of the National Academy of Sciences 16:1-194.
- Newman, M.A. 1956. Social behavior and interspecific competition in two trout species. Physiological Zoology 29:64-81
- Newman, R.M., y T.F. Waters. 1984. Size-selective predation on *Gammarus pseudolimnaeus* by trout and sculpins. Ecology 65:1535-1545.
- Nicholls, A.G. 1958. The egg yield from brown and rainbow trout in Tasmania. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 9:526-536.
- Nomura, M. 1963. Studies on reproduction of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, with special reference to eggs taking-IV. The fecundity or number and weight of eggs taken. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 29:325-335.
- 
- O'Connor, J.E., y C.G. Chase. 1989. Uplift of the Sierra San Pedro Mártir Baja California. Tectonics 8:833-844.
- Oota, I., y K. Yamamoto, K. Takano, y T. Sakaguchi. 1965. Studies on the maturing process of the rainbow trout, *Salmo gairdneri irideus*-II. Maturation of the testis of a one-year old fish. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 31:597-605.
- sterdahl, L. 1969. The smolt run of a small swedish river. Pags. 205-215 En Symposium on salmon and trout in streams. T.G. Northcote (ed.). H.R. MacMillan Lectures in Fisheries, University of British Columbia, Vancouver, B.C.

- Peters, R.H. 1983. The ecological implications of body size. Cambridge University Press, Cambridge. 329 p.
- Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity. John Wiley and Sons, New York. 162 p.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant, e I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. California Department of Fish and Game, Fisheries Bulletin 152:1-105.
- Pister, E.P. 1991. Golden trout, *Oncorhynchus aguabonita*. Pags. 280-285 En Trout. J. Stolz y J. Schnell (eds.). The Wildlife Series, Stackpole Books, Harrisburg (Pennsylvania).
- Platts, W.S., W.F. Megahan, y G.W. Minshall. 1983. Methods for evaluating stream, riparian, and biotic conditions. General Technical Report INT-138. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experimental Station, Ogden (Utah). 70 p.
- Pratt, V.S. 1954. Fish mortality caused by electrical shockers. Transactions of the American Fisheries Society 84:93-96.
- Puckett, K.J., y L.M. Dill. 1985. The energetics of feeding territoriality in juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Behaviour 92:97-111.
- Rachlin, J.W., B.E. Warkentine, y A. Papantoniou. 1989. The use of niche breadth and proportional similarity in feeding to stipulate resource utilization strategies in fish. Journal of Freshwater Ecology 5:103-112.

- Rantz, S.E. 1964. Stream hydrology related to the optimum discharge for king salmon spawning in the northern California coast range. Geological Survey Water-Supply. Paper 1779-A, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 16 p.
- Reimers, N., J.A. Maciolek, y E.P. Pister. 1955. Limnological study of the lakes in Convict Creek Basin Mono county, California. U.S. Department of the Interior, U.S. Fish and Wildlife Service, Fishery Bulletin 56(103):437-503.
- Reyes-Coca, S., y J.J. García-López. 1991. Climatología de Baja California: Sierra de San Pedro Mártir. Pags. 29-33 En Memoria III Semana de la Exploración y la Historia: Sierra de San Pedro Mártir. C. Lazcano (ed.). Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada (B.C.).
- Richards, C., y D.L. Soltz. 1986. Feeding of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and arroyo chubs (*Gila orcutti*) in a California mountain stream. The Southwestern Naturalist 31:250-253.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 191, Ottawa, Ontario (Canada).
- Ricker, W.E. 1979. Growth rates and models. Pags. 677-743 En Fish physiology, vol. VIII. Bioenergetics and growth. W.S. Hoar, D.J. Randall, y J.R. Brett (eds.). Academic Press, New York.
- Rinne, J.N. 1982. Movement, home range, and growth of a rare southwestern trout in improved and unimproved habitats.

- North American Journal of Fisheries Management 2:150-157.
- Rinne, J.N. 1988. Native southwestern (USA) trouts: status, taxonomy and conservation. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 35 (3-4):305-320.
- Rinne, J.N. 1990. Status, distribution, biology, and conservation of two rare southwestern (U.S.A.) salmonids, the Apache trout, *Oncorhynchus apache* Miller, and the Gila trout, *O. gilae* Miller. *Journal of Fish Biology* 37:189-191.
- Rinne, J.N. 1991. Gila trout, *Oncorhynchus gilae*. Pags. 274-279 In Trout. J. Stolz y J. Schnell (eds.). *The Wildlife Series*, Stackpole Books, Harrisburg (Pennsylvania).
- Rounsefell, G.A. 1957. Fecundity of North American Salmonidae. U.S. Department of the Interior, U.S. Fish and Wildlife Service, *Fishery Bulletin* 57(122):451-468.
- Rounsefell, G.A. 1962. Relationships among North American Salmonidae. U.S. Department of the Interior, U.S. Fish and Wildlife Service, *Fishery Bulletin* 62(209):235-269.
- Ruiz-Campos, G. 1989. Repoblación natural por trucha arcoiris (*Salmo gairdneri nelsoni*) en un transecto del Arroyo San Rafael, Noroeste de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. *The Southwestern Naturalist* 34:552-556.
- Ruiz-Campos, G. 1991a. Distribución y bionomía de la trucha de la Sierra San Pedro Mártir (*Salmo gairdneri nelsoni*), como especie potencialmente cultivable en Baja California. Informe Técnico Final, Dirección General de Investigación Científica y Superación Académica, Secretaría de Educación

Pública, México. Convenio 88-01-081, y 89-01-185.

Ruiz-Campos, G. 1991b. Caracterización limnológica de los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, como habitats de la trucha endémica *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann). Pags. 39-41 En Memoria III Semana de la Exploración y la Historia: Sierra San Pedro Mártir. C. Lazcano (ed.). Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada (B.C.).

Ruiz-Campos, G., y S. Contreras-Balderas. 1987. Ecological and zoogeographical check-list of the continental fishes of the Baja California peninsula. Proceedings of the Desert Fishes Council 17:105-117.

Ruiz-Campos, G., y J. Gómez-Ramírez. 1991. Age and growth of San Pedro Mártir rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann), from Arroyo San Rafael, Baja California, México. Proceedings of the Desert Fishes Council 21:141-

161.

Ruiz-Campos, G., y M.M. Villalobos-Ramírez. 1991. A simple technique to making a streamer-type fish tag. North American Journal of Fisheries Management 11:475-476.

Saila, S.B., C.W. Rechsiek, y M.H. Prager. 1988. Basic fishery science programs: a compendium of microcomputer programs and manual operation. Elsevier, Amsterdam. 230 p.

Sakun, O.F. 1966. Transition to meiotic divisions of the oocytes with incomplete vitellogenesis under the influence of hormonal stimulation in the Atlantic salmon *Salmo salar* (L.). Doklady Akademii Nauk SSSR 169(1):1-4.

- Saunders, J.W., y M.W. Smith. 1962. Physical alteration of stream habitat to improve brook trout production. Transactions of the American Fisheries Society 91:185-188.
- Saunders, R.L., y J.H. Gee. 1964. Movements of young Atlantic salmon in a small stream. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 21:27-36.
- Schoener, T.W. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. Ecology 51:408-418.
- Schoener, T.W. 1971. Theory of feeding strategies. Annual Review of Ecology and Systematics 2:369-404.
- Schoener, T.W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. Science 185:27-39.
- Scott, D.P. 1962. Effect of food quantity on fecundity of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 19:715-731.
- Shapovalov, L., y A.C. Taft. 1954. The life histories of the steelhead rainbow trout (*Salmo gairdneri gairdneri*) and silver salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with special reference to Waddell Creek, California, and recommendations regarding their management. California Department of Fish and Game, Fisheries Bulletin 98:1-375.
- Shetter, D.S., O.H. Clark, y A.S. Hazzard. 1946. The effects of deflectors in a section of Michigan trout stream. Transactions of the American Fisheries Society 76:248-278.
- Shirvell, C.S., y R.G. Dungey. 1983. Microhabitats chosen by brown trout for feeding and spawning in rivers.

- Transactions of the American Fisheries Society 112:355-367.
- Siegel, S. 1956. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. McGraw-Hill, New York (New York). 312 p.
- Slaney, P.A., y T.G. Northcote. 1974. Effects of prey abundance on density and territorial behavior of young rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in laboratory stream channels. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 31:1201-1209.
- Smith, A.K. 1973. Development and application of spawning velocity and depth criteria for Oregon salmonids. Transactions of the American Fisheries Society 102:312-316.
- Smith, M.W. 1963. Influence of pond formation on brook trout movements and angling success. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 20:327-345.
- Smith, R.H. 1984. Native trout of North America. Frank Amato Publications, Portland. 144 p.
- Smith, R.H. 1991. Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*. Pags. 304-322 En Trout. J. Stolz y J. Schnell (eds.). The Wildlife Series, Stackpole Books, Harrisburg (Pennsylvania).
- Smith, M.W., y J.W. Saunders. 1958. Movements of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) between and within fresh and salt water. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 15:1403-1449.
- 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.
- Sumner, F.H. 1948. Age and growth of steelhead trout, *Salmo gairdnerii* Richardson, caught by sport and commercial fishermen in Tillamook county, Oregon. Transactions of the American Fisheries Society 75:77-83.
- Sumpter, J.P., A.P. Scott, S.M. Baynes, y P.R. Witthames. 1984. Early stages of the reproductive cycle in virgin female rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Aquaculture 43:235-242.
- Surber, E.W. 1937. Rainbow trout and bottom fauna production in one mile of stream. Transactions of the American Fisheries Society 66:193-202.
- Swift, M.C. 1970. A qualitative and quantitative study of trout food in Castle Lake, California. California Fish and Game 56:109-120.
- Takashima, F., R. Patino, y M. Nomura. 1980. Histological studies on the sex differentiation in rainbow trout. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 46:1317-1322.
- Tamayo, J.L. 1962. Geografía general de México: geografía física. Tomo II. Inst. Mexicano de Invest. Económicas, México. 648 p.
- Tamayo, J.L., y R.C. West. 1964. The hydrography of middle America. Pags. 84-121 En Handbook of middle America. Vol. I. R. Wauchope (ed.). University of Texas Press, Austin.

- Tanaka, H. 1970. On the nocturnal feeding activity of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in streams. Bulletin of the Freshwater Fisheries Research Laboratory (Tokyo) 20:73-82.
- Tapia-Vázquez, O.M. 1984. Manual de técnicas histológicas. Instituto Nacional de la Pesca, México. 32 p.
- Tarzwell, C.M. 1937. Experimental evidence on the value of trout stream improvement in Michigan. Transactions of the American Fisheries Society 66:177-187.
- Taube, C.M. 1976. Sexual maturity and fecundity in brown trout of the Platte River, Michigan. Transactions of the American Fisheries Society 105:529-533.
- Taylor, E.B. 1988. Water temperature and velocity as determinants of microhabitats of juvenile chinook and coho salmon in a laboratory stream channel. Transactions of the American Fisheries Society 117:22-28.
- Taylor, E.B. 1990. Phenotypic correlates of life-history variation in juvenile chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*. Journal of Animal Ecology 59:455-468.
- Thorpe, J.E. 1989. Developmental variation in salmonid populations. Journal of Fish Biology 35 (supplement A): 295-303.
- Thorpe, J.E., C. Talbot, y C. Villarreal. 1982. Biomodality of growth and smolting in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Aquaculture 28:123-132.
- Tippets, W.E., y P. B. Moyle. 1978. Epibenthic feeding by rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in the McCloud River, California.

- Journal of Animal Ecology 47:549-559.
- Titarev, Y.F. 1975. Acceleration of maturation in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) under the influence of increased water temperature. Journal of Ichthyology 15:507-509.
- Titus, R.G. 1990. Territorial behavior and its role in population regulation of young brown trout (*Salmo trutta*): new perspectives. Annales Zoologici Fennici (Helsinki) 27:119-130.
- Townsend, C.R., y I.J. Winfield. 1987. The application of optimal foraging theory to feeding behaviour in fish. Pags. 67-98 En Fish energetics: new perspectives. P. Tytler y P. Calow (eds.) The John Hopkins Univ. Press, Baltimore (Maryland).
- Utt, C.E. 1991. Como las truchas subieron a la Sierra de San Pedro Mártir. Carta enviada a Dr. Carl L. Hubbs, Junio 15 de 1945. Traducida y presentada por Mike Wilken Robertson. Pags. 36-38 En Memoria III Semana de la Exploración y la Historia: Sierra San Pedro Mártir. C. Lazcano (ed.). Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada (B.C.).
- van Someren, V.D. 1939. Research at Womersh. The Salmon and Trout Magazine 95:156-163.
- Vincent, R. 1971. River electrofishing and fish population estimates. Progressive Fish-Culturist 28:163-169.
- Wallace, R.K., Jr. 1981. An assessment of diet-overlap indexes. Transactions of the American Fisheries Society 110:72-76.
- Wankowski, J.W.J., y J.E. Thorpe. 1979. Spatial distribution and feeding in Atlantic salmon, *Salmo salar* juvenils. Journal

- of Fish Biology 14:239-247.
- Ware, D.M. 1972. Predation by rainbow trout (*Salmo gairdneri*): the influence of hunger, prey density, and prey size. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 29:1193-1201.
- Weatherley, A.H., y H.S. Gill. 1987. The biology of fish growth. Academic Press, London. 443 p.
- Weatherley, A.H., y S.C. Rogers. 1978, Some aspects of age and growth. Pags. 52-74 En Ecology of freshwater fish production. S.D. Gerking (ed.). John Wiley, New York.
- Wege, G.I., y R.O. Anderson. 1978. Relative weight (Wr): a new index of condition for largemouth bass. Pags. 79-91 En New approaches to the management of small impoundments. G. Novinger y J. Dillard (eds.). American Fisheries Society, North Central Division. Special Publication 5, Bethesda (Maryland).
- Welsh, H.H., Jr. 1988. An ecogeographic analysis of the herpetofauna of the Sierra San Pedro Mártir region, Baja California, with a contribution to the biogeography of the Baja California herpetofauna. Proceedings of the California Academy of Sciences 46:1-72.
- Werner, E.E. 1979. Niche partitioning by food size in fish communities. Pags. 311-322 En Predator-prey systems in fisheries management. R.H. Stroud y H. Clepper (eds.). Sport Fishing Inst., Washington, D.C.
- Whitehead, C., N.R. Bromage, J.R.M. Forster, y A.J. Matty. 1978.

The effects of alterations in photoperiod on ovarian development and spawning time in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Annales de Biologie Animale Biochemie Biophysique* 18:1035-1043.

Whitworth, W.E., y R.J. Strange. 1983. Growth and production of sympatric brook and rainbow trout in an Appalachian stream. *Transactions of the American Fisheries Society* 112:469-474.

Wiggins, I.L. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press, Stanford (California). 1025 p.

Willers, B. 1991. *Trout Biology*. Lyons & Burford Publishers, New York. 273 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: 1989*.

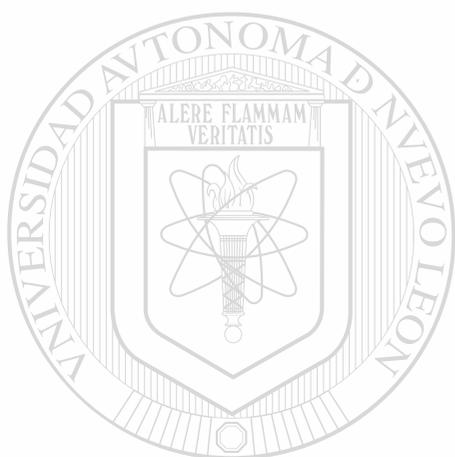
*Fisheries (Bethesda)* 14(6):2-20.

Yamamoto, K., I. Oota, K. Takano, y T. Ishikawa. 1965. Studies on the maturing process of the rainbow trout, *Salmo gairdneri irideus*-I. Maturation of the ovary of a one-year old fish. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 31:123-132.

Yruretagoyena-Ugalde, C. 1992. Some geohydrological features of the Santo Domingo basin, Sierra San Pedro Mártir, Baja California Norte, Mexico. Pags. 118-134 *En Water quality in North American rivers systems*. C.D. Becker y D.A. Neitzel

(eds.). Battelle Press, Columbus.

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



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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

TAXA	ABREVIATURAS
Agrionidae	AGRI
Amphipoda	AMP
Aracnida	ARA
Bivalvia	BIV
Chironomidae	CHIR
Coleoptera	COL
Diptera	DIP
Ephemeroptera	EPH
Gasteropoda	GAS
Hemiptera	HEM
Hydropsychidae	HYPS
Hydroptilidae	HYPT
Hymenoptera	HYM
Leptophlebiidae	LEPT
Megaloptera	MEG
Mollusca	MOL
Nematomorpha	NEM
Odonata	ODO
Orthoptera	ORT
Plathelmintha	PLA
Plecoptera	PLE
Sericostomatidae	SERI
Simuliidae	SIMU
Stratiomyidae	STRA
Trichoptera	TRI
Perlodidae	PERL

