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^2 before a forest fire on August 1989 to 0.005 trout/m^2 after this disturbance.

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 Rodríquez, por su avuda la identificación de la vegetación ribereña y acuática diferentes sitios de muestreo; y a M.C. Rafael Solana Sansores y M.Sc. M. Gregory Hammann K., por su valiosa asesoría en el procesamiento estadístico de los datos biométricos de 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 economicamente 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.

CONTENIDO

Página
I. INTRODUCCION1
II. ANTECEDENTES3
III. OBJETIVOS24
IV. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO26
V. MATERIAL Y METODOS34
VI. RESULTADOS54
1. Distribución Espacial y Altitudinal54
2. Crecimiento Somático y Relaciones Biométricas60
2.1 Crecimiento en Peso60
2.2 Crecimiento en longitud63
2.3 Relación Peso-Longitud63
2.4 Factor de Condición (K)65
2.5 Factor de Condición Relativo (Kn)68
3. ESTRUCTURA POBLACIONAL72
3.1 Composición Poblacional por Talla72
3.2 Composición Poblacional por Edad
3.3 Composición Poblacional por Sexo83
4. DESCRIPCION CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS
HABITOS ALIMENTICIOS83
4.1 Población Arroyo San Rafael83
4.1.1 Composición Trófica Global y Estacional86
4.1.2 Composición Trófica por Clase de Talla86
4.1.3 Similitud Trófica90

6.3 Densidad de Truchas por Unidad de Area122

7.	CARA	CTERIS	TICAS	LIMNO	LOGI	CAS I	EL H	ABITA	r DE	LA		
	TRUC	на				• • • • •			. .			122
	7.1	Caract	erísti	cas G	Geomoi	rfoló	igica	s		• • • • •		122
	7.2	Caract	erísti	cas S	Sedime	ento:	lógic	as				124
	7.3	Caract	erísti	cas H	Hidron	métri	icas	• • • • •				126
	7.4	Caract	erísti	cas F	físico	o-qu	ímica	s				126
		7.4.1	Temper	atura	del	Aire	y d	el Ag	ıa	• • • •		129
		7.4.2	Potenc	ial d	de Io	nes I	lidró	geno	(pH)	• • • •		129
		7.4.3	Dureza	Tota	al	• • • •		• • • • •		• • • • •		129
		7.4.4	Dureza	en C	Calcio	o						134
		7.4.5	Dureza	en M	iagnes	sio .						134
		7.4.6	Sílica	tos .		• • • •		• • • • •		• • • •		134
		7.4.7	Nutrie	ntes								134
		7.4.8	Ciclo	de 24	hora	as de	e Par	ámetro	os Fí	sico-	-	
			quimic	os		 .		• • • • •		• • • • •		136
			7.4.8.	1 Cio	olo de	e 24	Hora	s en (octub	re 2-	-3,	
				199	91	• • • •		• • • • •	• • • • •			136
			7.4.8.	2 Cio	olo de	e 24	Hora	s en l	Dicie	mbre		
				6-7	7, 199	91 .	• • • •	• • • • •		• • • •		138
	7.5	Caract	eristi	cas d	de la	Biot	ca As	ociada	a	• • • •		140
		7.5.1	Vegeta	ción	Ripa	ria .	• • • •	• • • • •	• • • •	• • • •		141
		7.5.2	Vegeta	ción	Acuát	tica	(Mac	rófita	as) .	• • • •		141
		7.5.3	Densid	ad Pr	comed:	io Es	staci	onal (de Pr	esas		
			en el	Arroy	o Sai	n Rai	fael	• • • • •		• • • •	• • • • •	142
			7.5.3.	1 Der	nsidad	d de	Pres	as Bei	ntóni	cas .		142

	Página
	7.5.3.2 Densidad de Presas de Deriva145
7.5.4	Densidad Promedio Estacional de Presas
	en el Arroyo La Grulla145
	7.5.4.1 Densidad de Presas Bentónicas145
	7.5.4.2 Densidad de Presas de Deriva148
7.5.5	Biomasa Promedio Estacional de Presas en el
	Arroyo San Rafael148
	7.5.5.1 Biomasa de Presas Bentónicas148
	7.5.5.2 Biomasa de Presas de Deriva151
7.5.6	Biomasa Promedio Estacional de Presas en el
	Arroyo La Grulla153
	7.5.6.1 Biomasa de Presas Bentónicas153
	7.5.6.2 Biomasa de Presas de Deriva153
7.5.7	Diversidad de Presas en el Arroyo San
	Rafael156
7.5.8	Diversidad de Presas en el Arroyo La
	Grulla156
7.5.9	Depredadores156
VII. DISCUSION	160
VIII. CONCLUSION	SS185
IX. RECOMENDACION	NES SOBRE MANEJO Y CONSERVACION189
X. LITERATURA CIT	TADA192

APENDICE 1

		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	O. 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	1. Composicióm 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	2. 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 porciento del Índice de importancia relativa (%IIR). A) Invierno, B) Primavera, C) Verano, y D) Otoño
Figura 13	3. 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 porciento del índice de importancia relativa (%IIR). A) ≤55 mm, B) 56-85 mm, C) 86-125 mm, y D) ≥126 mm
Figura 1	4. 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 porciento del índice de importancia relativa (%IIR). A) ≤55 mm, B) 56-85 mm, C) 86-125 mm, y D) ≥126 mm. Ver Apéndice 1 para explicación de abreviaturas
Figura 1	5. 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) Otoño92

rigura	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) ≥126 mm LP93
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 ambiente98
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
Figura	21. Indice 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)
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
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 diciembre1989)
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)
Figura	26. Características fisiográficas e hidrométricas de los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México
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
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
Figura	30. Contenido promedio de silicatos en los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México
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
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
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

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)
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)
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

LISTA DE TABLAS

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
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 abreviaturas84
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
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)
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)
Tabla	7.	Caracterización fisiográfica e hidrométrica de los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México
Tabla	8.	Caracterización físico-química del agua de los arroyos de la pendiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México128

LISTA DE TABLAS

Tabla	1.	Crecimiento promedio en peso y longitud por clase de edad de la trucha arcoiris <i>Oncorhynchus</i> mykiss nelsoni, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, B.C., México (enero 1987 a enero 1992). N= 509
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
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
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)
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)
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)
Tabla	7.	Caracterización fisiográfica e hidrométrica de los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México
Tabla	8.	Caracterización físico-química del agua de los arroyos de la pendiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México128

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

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
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 nombre56
Lámina	3.	<pre>(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</pre>
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
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 I76
Lámina	7.	(A) Escama de una trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss nelsoni) de edad II; (B) Escama de una trucha arcoiris de edad III
Lámina	8.	Escama de una trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss nelsoni) de edad IV

Lámina	 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
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
Lámina	11. Micrografía de la gónada madura (testículo) de la trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss nelsoni). Tinción hematoxilina-eosina
Lámina	12. Ovocito maduro de una hembra de trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss nelsoni) de 1 año de edad. Tinción hematoxilina-eosina108
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.

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" rainbow trout"), como "coastal (serie son su capacidad euritérmica y comportamiento no migratorio en su habitat natural 1938). Actualmente es considerada (Needham, dentro 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 logisticamente 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 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, Dirección Octubre 1989-Septiembre 1990), la 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).

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 congenéricos, y llegó a la conclusión de que se trataba de una población aislada geográficamente de 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 confluye [sic], el cual con el Arroyo Santo Domingo aproximadamente a un cuarto de milla del Rancho San Antonio (Needham, 1938). Los ejemplares colectados por Needham fueron mantenido 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 caracter 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 diferencía 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 glaciar, 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 Indices 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 (O-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 aquabonita, cf., Behnke, 1992) transplantada 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 transplantación; mientras que las del Lago Bighorn alcanzaron 5.01 pulgadas (130 mm) ligeramente después de un año. Reimers et al. (1955), analizaron 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 aquabonita (= 0. 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 sspp., trucha gila O. gilae gilae, y trucha arcoiris O. mykiss sspp.) 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 (disponibildad 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 0. mykiss ssp. (Greeley, 1933), 10 años en 0. clarki sspp.

(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/L³) ha sido utilizado en las especies que exhiben un crecimiento isométrico (b= 3.0), como un indicador del cambio en la robustéz 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= aLb), 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; Tippets 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 constituída 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 basicamente insectívora, dominada por larvas de tricópteros y odonatos.

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 ≤ 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 o 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; Tippets 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 diversas estudiados localidades de Norteamérica Carlander, 1969, para una revisión; Islam, 1973; Kato, 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, se conocen. Por tal motivo, los antecedentes aún no 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 1956). Opiniones diversas han surgido especie (Newman, 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, 1975), 1966; Gibson y Power, incremento 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^2 (Bachman, 1984) hasta 40 a 50 m^2 (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 m² 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).

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
- 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. Indice 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

IV. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

<u>Geomorfología</u>

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 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 Aqua 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 fide O'Connor y Chase, 1989), ha considerado 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 igneas que componen el batolito de SSPM son principalmente de tipo granodioritas y tonalitas (Gastil et al., 1975; INEGI, 1982).

<u>Geohidrología</u>

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).

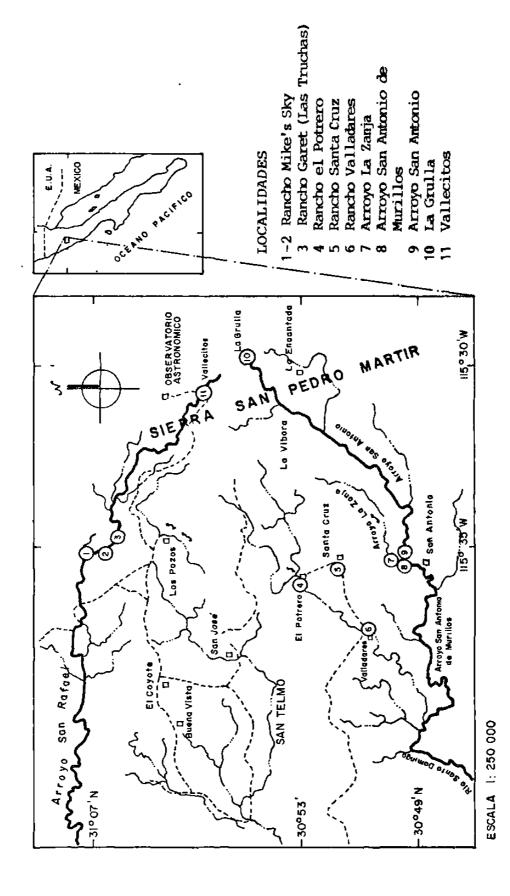
En la región noroccidental de Baja California, las cuencas panexoreicas de los arroyos San Rafael, San Telmo, Santo Domingo, Rosarito, y El Rosario, contribuyen con sus recursos que, en conjunto, llegan a 10.2 m³/ seg. a la alimentación de los receptáculos más definidos en la planicie costera, comprendida 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 relíeve topográfico del lugar (Ruiz-Campos, 1991a).



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

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.).

<u>Vegetación</u>

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, californica, Yucca schidigera, Berberis higginsae, veatchi, G. gricea, Rhamnus californica, Rhamnus insularis, Rhus ovata, R. trilobata, y Amorpha fructicosa (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-Rodríquez, 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. glutionosa; 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 marmotata), 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 hammondii), 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).

mamíferos Mastofauna. Aproximadamente 57 especies de 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 (Tamiasciurus mearnsii y ardillas **Eutamias** obscurus las 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 de colectas mayor número debido а suaccesibilidad, 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 formaldehido 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) 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 ≤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 (-K [t - t_0])); donde: $L_{(t)} = longitud$ estimada al tiempo (t), $L_{\infty} = longitud$ máxima o asintótica, K = constante de crecimiento somático y, t = edad del pez al tiempo (t) y, $t_0 = longitud$ igual a cero, el cual generalmente es negativo (Moreau, 1987).

 $W_{(t)} = W_0 \exp \left(G \left(1 - \exp \left[-g \ t \right] \right) \right)$, donde: $W_{(t)} = \text{peso}$ estimado al tiempo (t), $W_0 = \text{peso}$ 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). 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) $K_{n} = W / aL^b$, 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 (Kn) fue utilizado para determinar la desviación del peso observado con relación al peso esperado de cada ejemplar, considerando que valores promedio de Kn= 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 longitudpeso 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 (Kn).

Los valores de Kn 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).

<u>Hábitos Alimenticios</u>

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 formaldehido 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 cilíndro 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: $\alpha = \begin{bmatrix} 1 & -0.5 & (\sum_{j=1}^{n} & p_{xj} & -p_{yj} & p_{yj} \end{pmatrix} \times 100, \text{ donde } \alpha = \text{traslape}$ trófico, $P_{xj} = \text{proporción del taxón presa } j$ (%IIR,) en la dieta del grupo x (e.g., clase de talla ó estación del año x), y $P_{yj} = 0$

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

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 = $[1/(R \times \Sigma_{p_j}^2)]$, donde: p_j proporción del taxón presa j en la dieta de la trucha (%IIR,), y R número de

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

PS = 1 - $[0.5 \ \Sigma \ |_{P_j} - q_j \ |]$, 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).

<u>Hábitos Reproductivos</u>

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 (~ 4 °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, asi como el sexo y la etapa macroscópica de madurez sexual (tamaño de la gónada; Lagler, 1978), antes de ser fijadas en formaldehido 8% (neutralizado con fosfato de sodio). Los ejemplares disecados fueron fijados en formaldehido 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 primera madurez sexual, seleccionaron presenta la se 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 (Gr) fue calculado para cada ejemplar con la fórmula descrita por Legler (1977):

Gr= peso de ambas gónadas combinadas (g) × 100/ Ws donde: Ws≈ el peso estándar o esperado (g) para la longitud observada. Los valores de Gr 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 fecunidad 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 = tasa

anchura promedio (m), z = profundidad promedio <math>(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 (PO₄), y nitratos (NO₃); 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 asi 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, asi 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 а 15 ejemplares đе 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

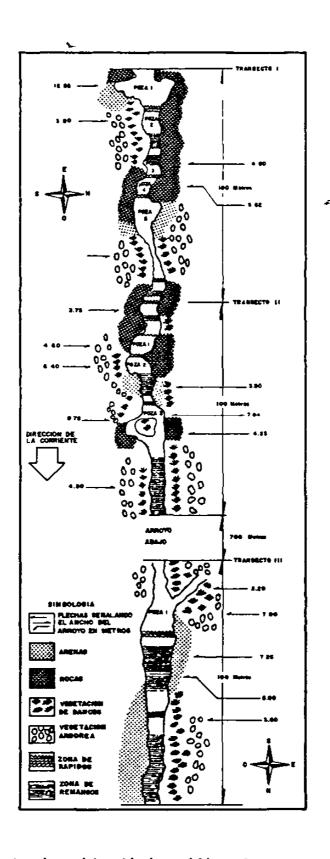


Figura 2. Caracterización fisiográfica de un segmento de 1 Km del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, donde se efectuaron los experimentos de marcaje-recaptura de la trucha arcoïris.

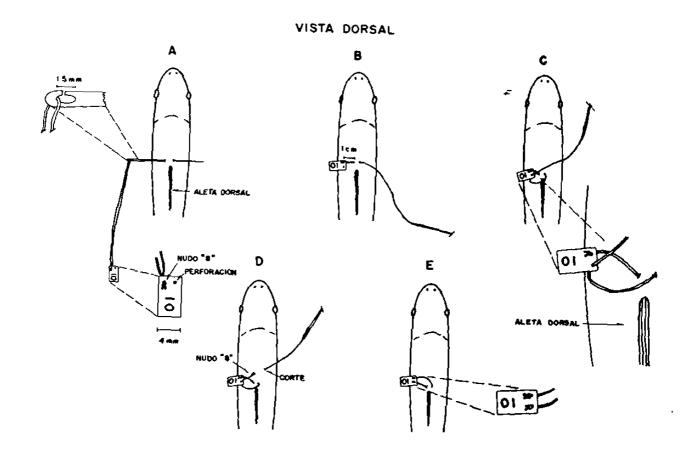


Figura 3. Procedimiento de aplicación de la marca tipo "streamer" en la trucha arcoirís (tomado de Ruíz-Campos y Villalobos- Ramírez, 1991).

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 el propósito de determinar (Wildco), con los tamaños 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 ± 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 $\rm m^2$ (0.30 x 0.30 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 m²) 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), $n_j = densidad promedio del taxón presa (j) por cudrante ó arrastre y, <math>N = sumatoria de las densidades$ promedio de todos los taxa en la muestra ($\sum n_j$).

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

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, ≤130 mm LP [1 año]; clase talla 2, 131-150 mm LP [2 años]; y clase talla

3, ≥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.