Población Arroyo La Grulla

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

Población Arroyo San Antonio

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

Población Arroyo El Potrero

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

3.3 Composición Poblacional por Sexo

Población Arroyo San Rafael

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

Población Arroyo La Grulla

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

4. DESCRIPCION CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS HABITOS ALIMENTICIOS

4.1 Población Arroyo San Rafael

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

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

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

[1] N = número de presas completas medidas.

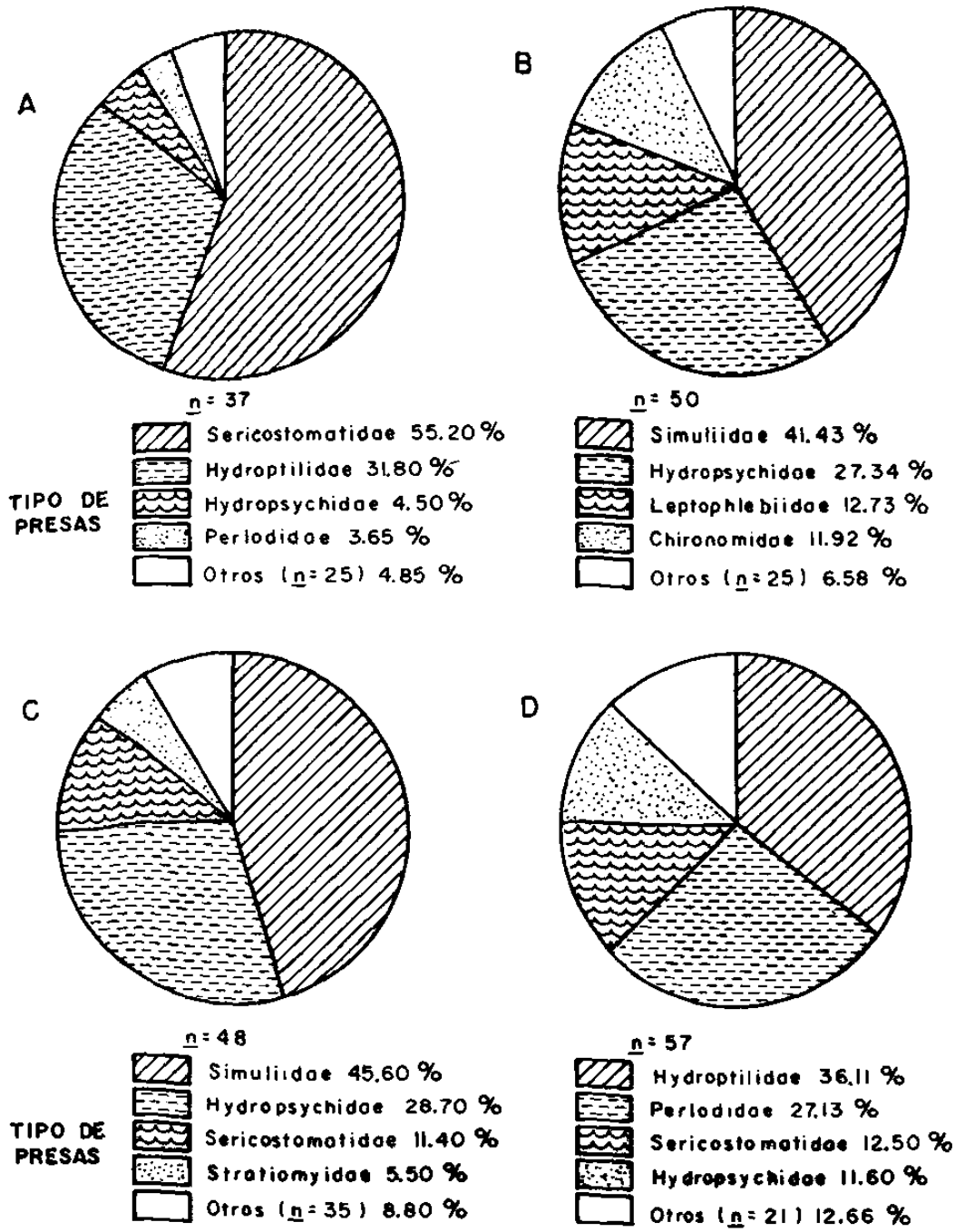

Figura 12. Espectro alimenticio estacional de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), según el porciento del índice de importancia relativa (%IIR). A) Invierno, B) Primavera, C) Verano, y D) Otoño.

4.1.1 Composición Trófica Global y Estacional

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

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

4.1.2 Composición Trófica por Clase de Talla

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

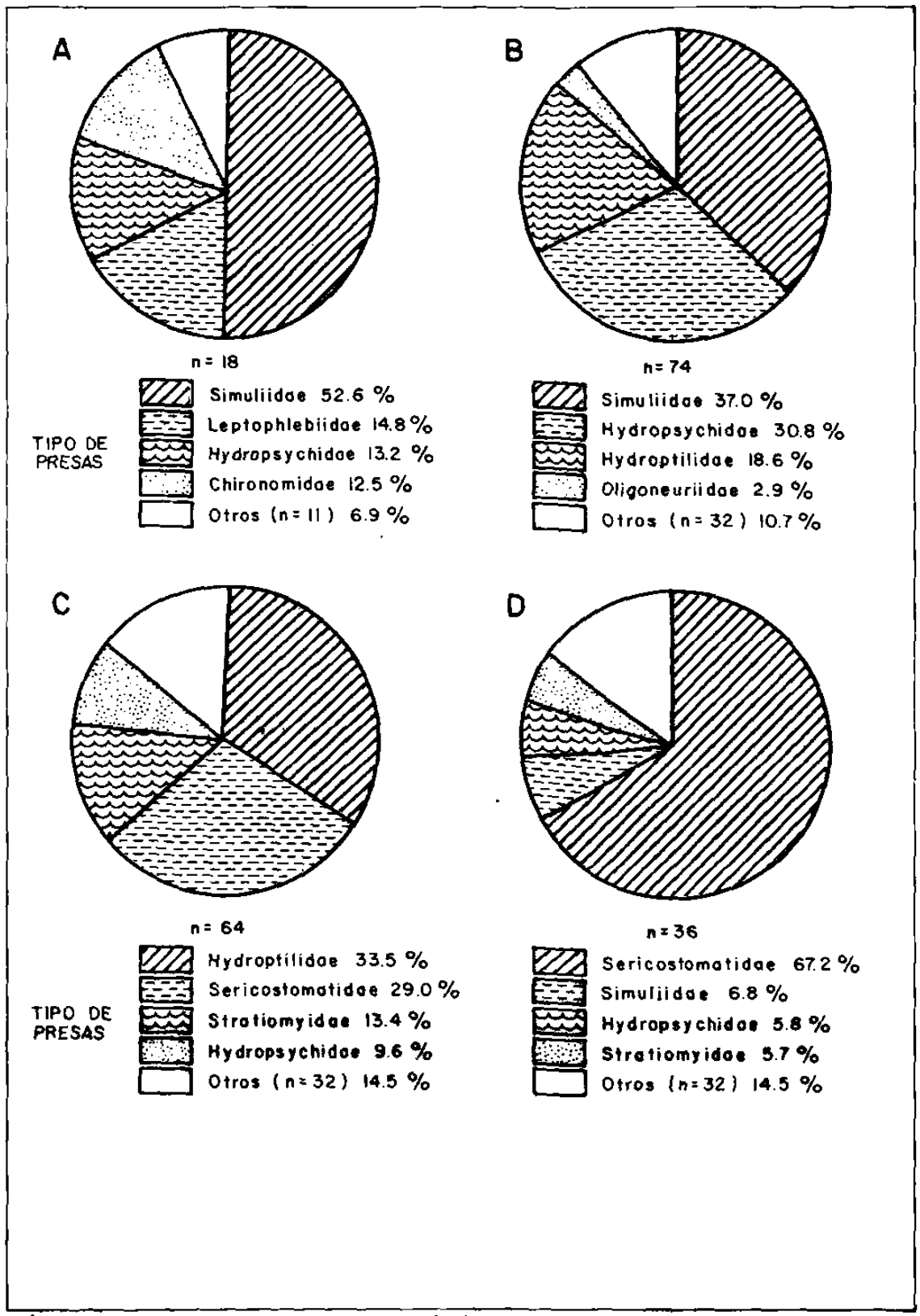

Figura 13. Espectro alimenticio total por clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), de acuerdo al porciento del índice de importancia relativa (%IIR). A)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

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

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

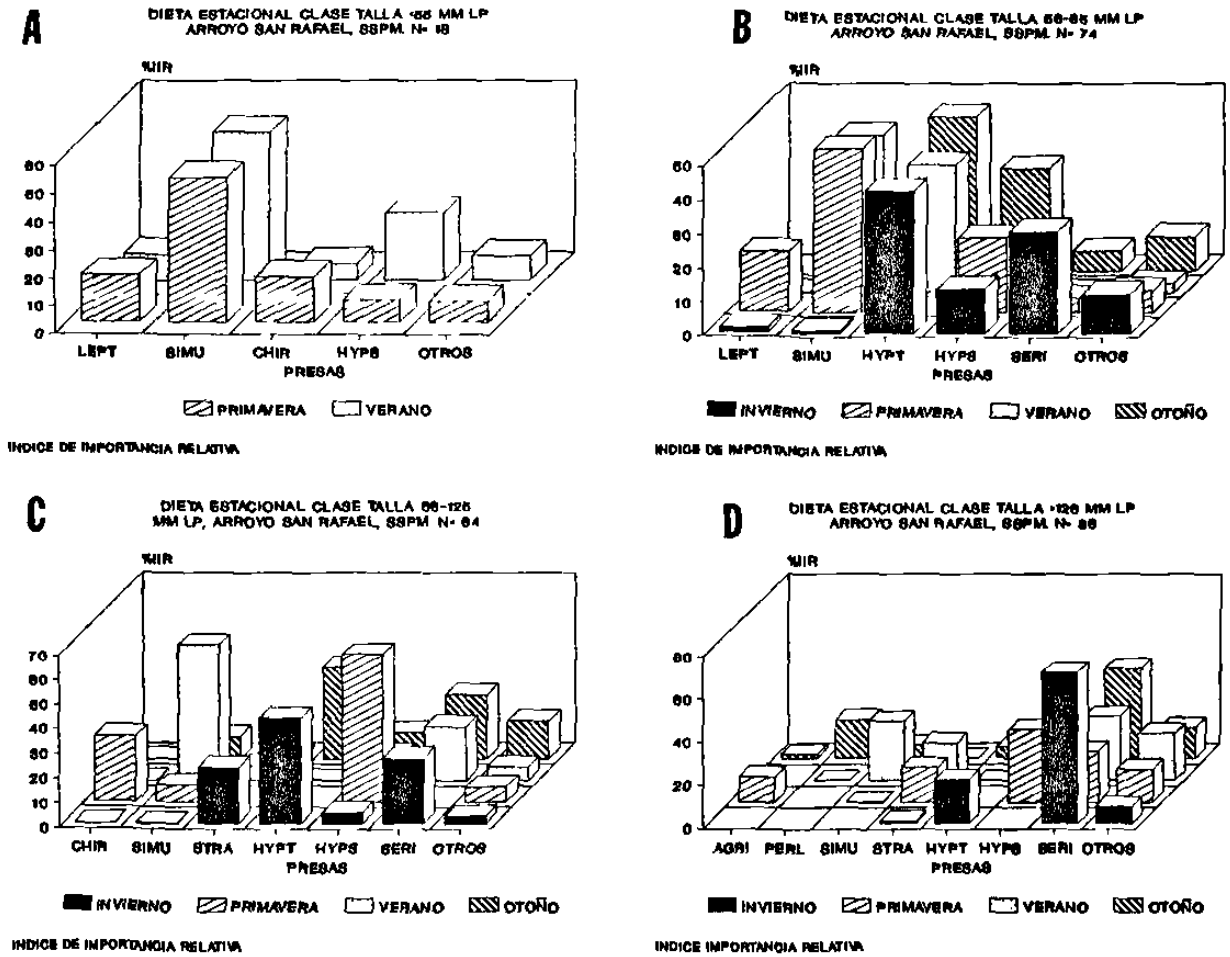

Figura 14. Espectro alimenticio estacional por clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987), según el porciento del índice de importancia relativa (%IIR). A)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

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

4.1.3 Similitud Trófica

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

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

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

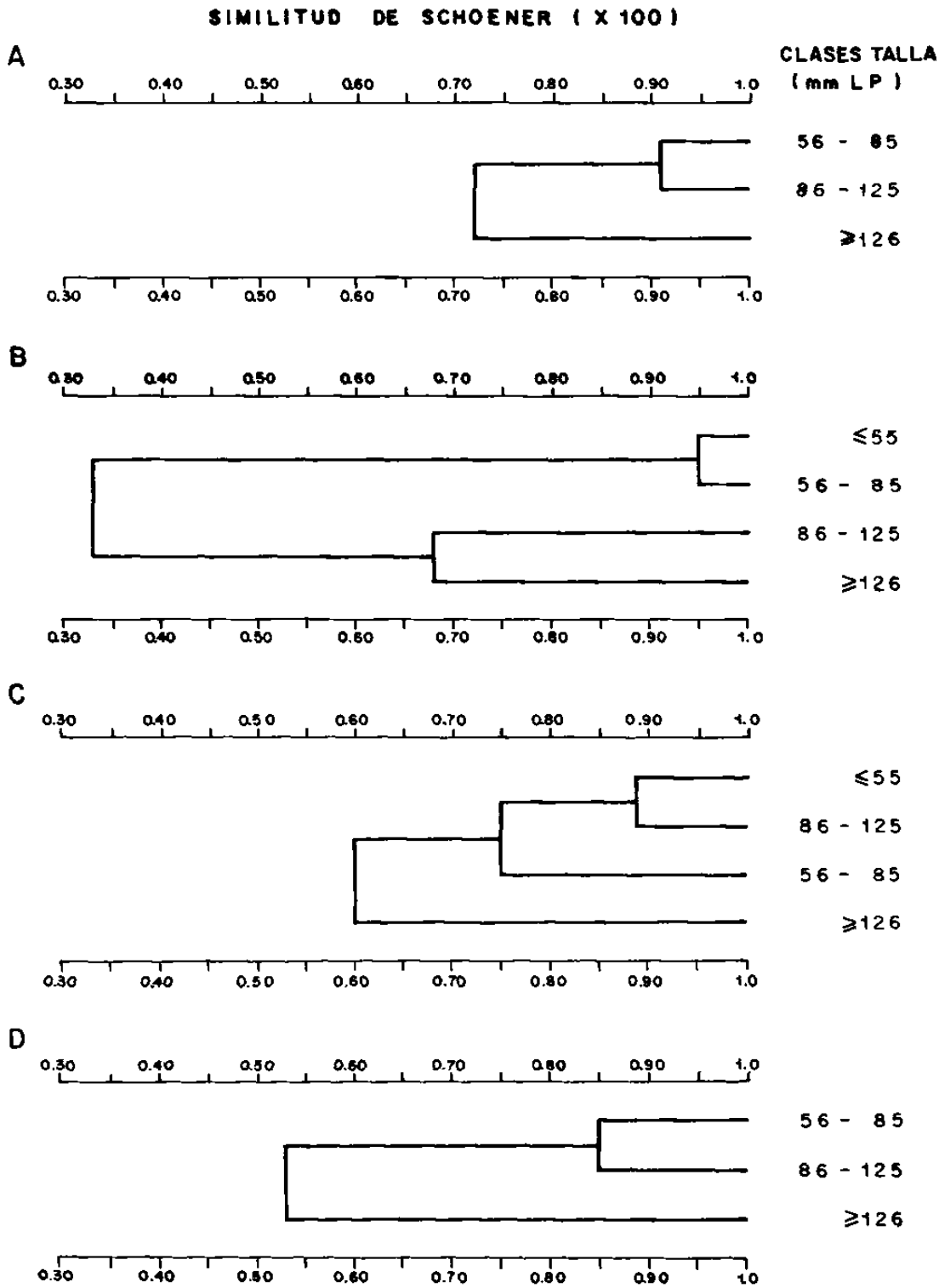

Figura 15. Similitud trófica estacional por clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987). A) Invierno, B) Primavera, C) Verano, y D) Otoño.

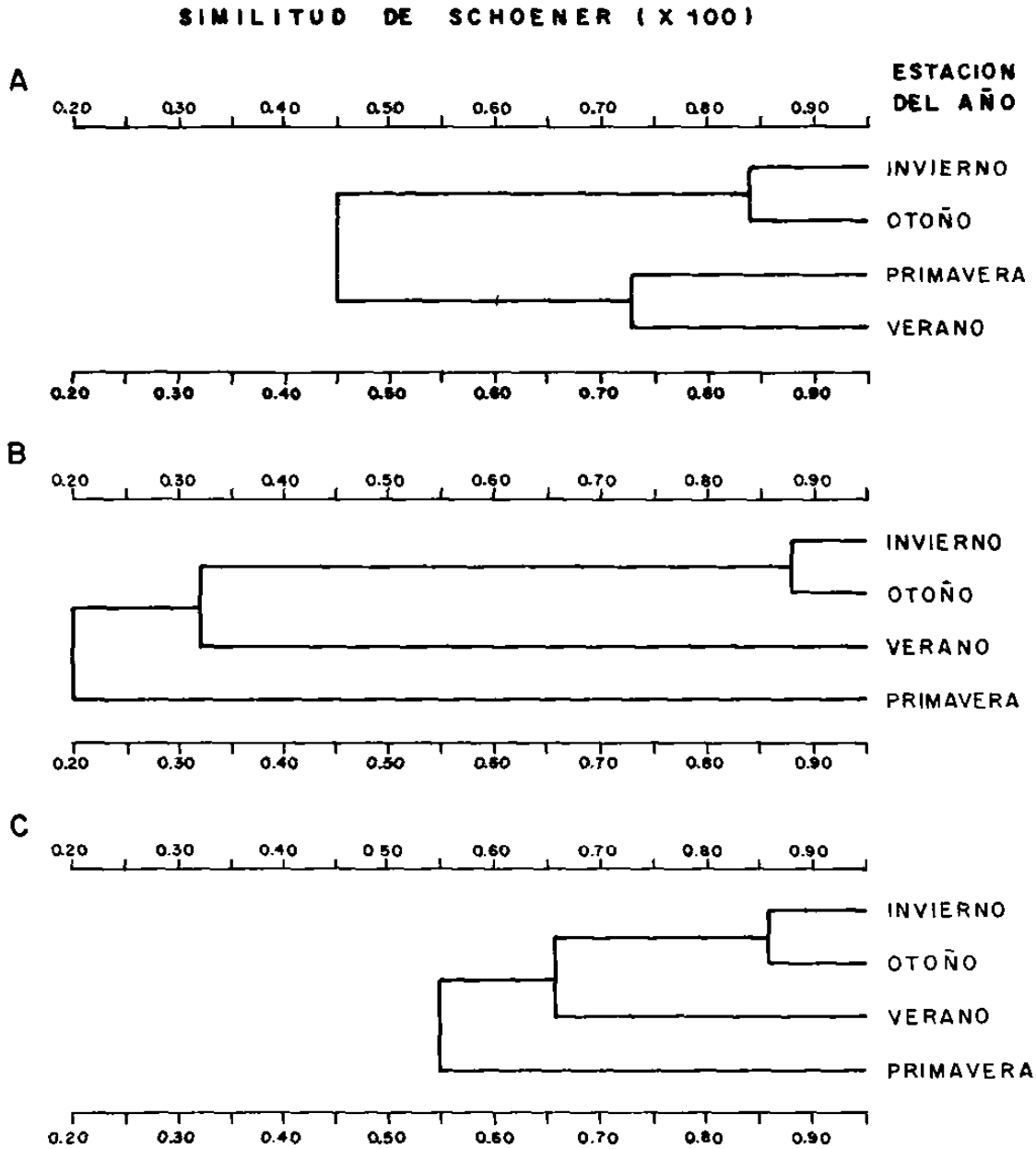

Figura 16. Similitud trófica estacional de cada clase de talla (longitud patrón, LP) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero a diciembre 1987). A) 56 a 85 mm, B) 86 a 125 mm, y C) ≥126 mm LP.

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

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

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

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

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

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

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

4.1.5 Diversidad Trófica

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

4.2 Población Arroyo La Grulla

4.2.1 Composición Trófica Global

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

4.2.2 Composición Trófica Estacional

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

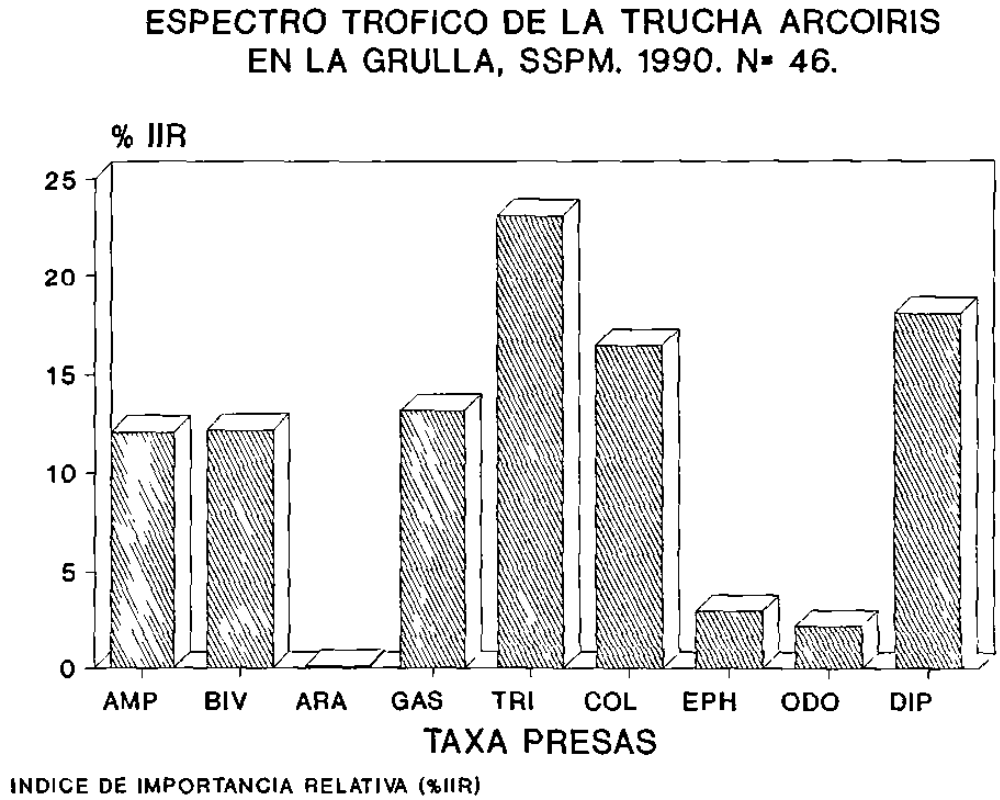

Figura 17. Espectro trófico global de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (marzo a septiembre 1990), según el índice de importancia relativa (%IIR).

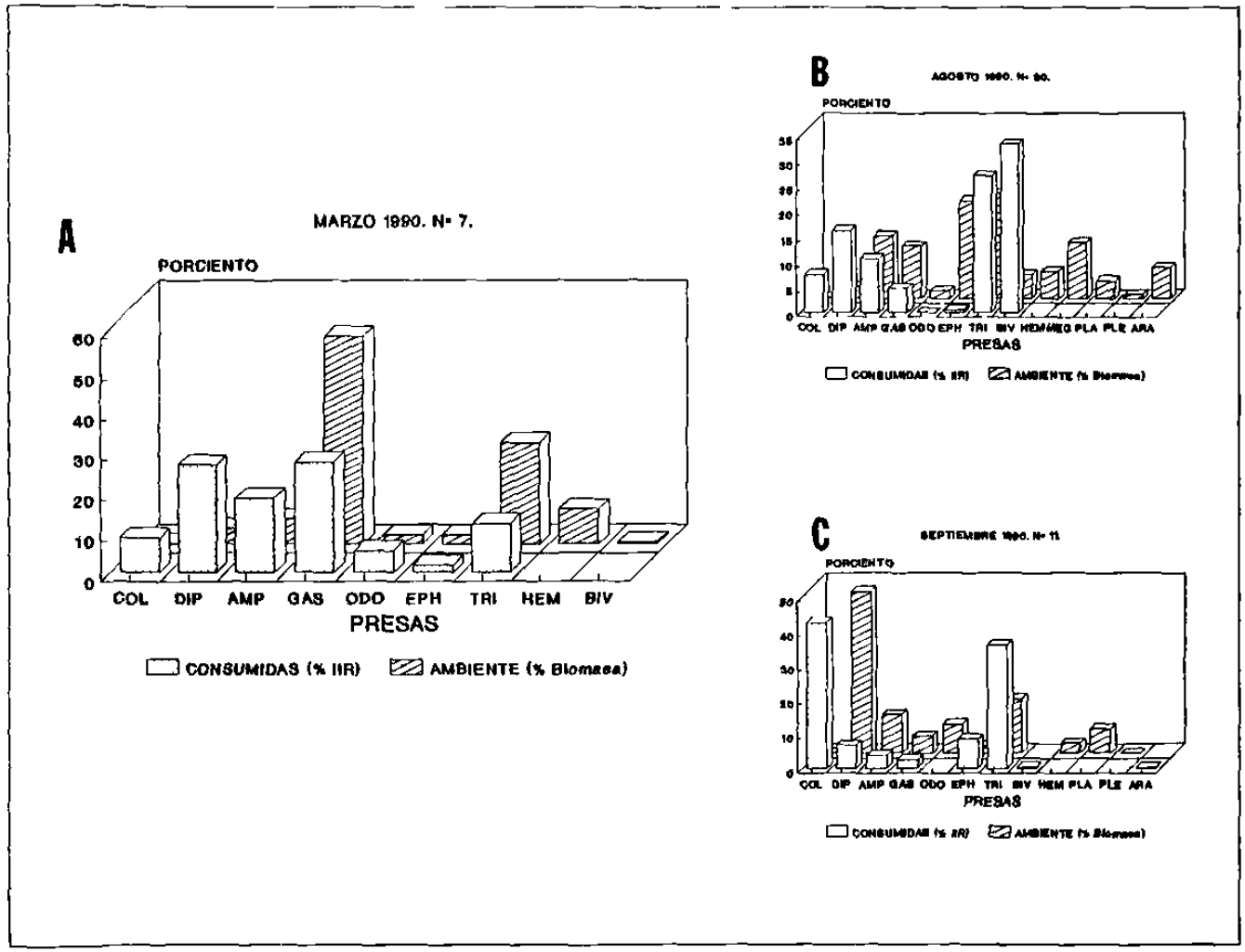

Figura 18. Composición trófica estacional de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) del Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (marzo a septiembre 1990), y su comparación con la disponibilidad de presas en el ambiente.

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

4.2.3 Amplitud de Nicho Trófico y Similitud Proporcional

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

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

El tamaño promedio de presa (todas los taxa presa

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

5. ECOLOGIA Y HABITOS REPRODUCTIVOS

5.1 Dignóstico Histólogico de Estructuras Gonadales

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

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

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

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

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

5.2 Talla y Edad de Primera Madurez Sexual

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

Considerando la frecuencia de ejemplares sexualmente

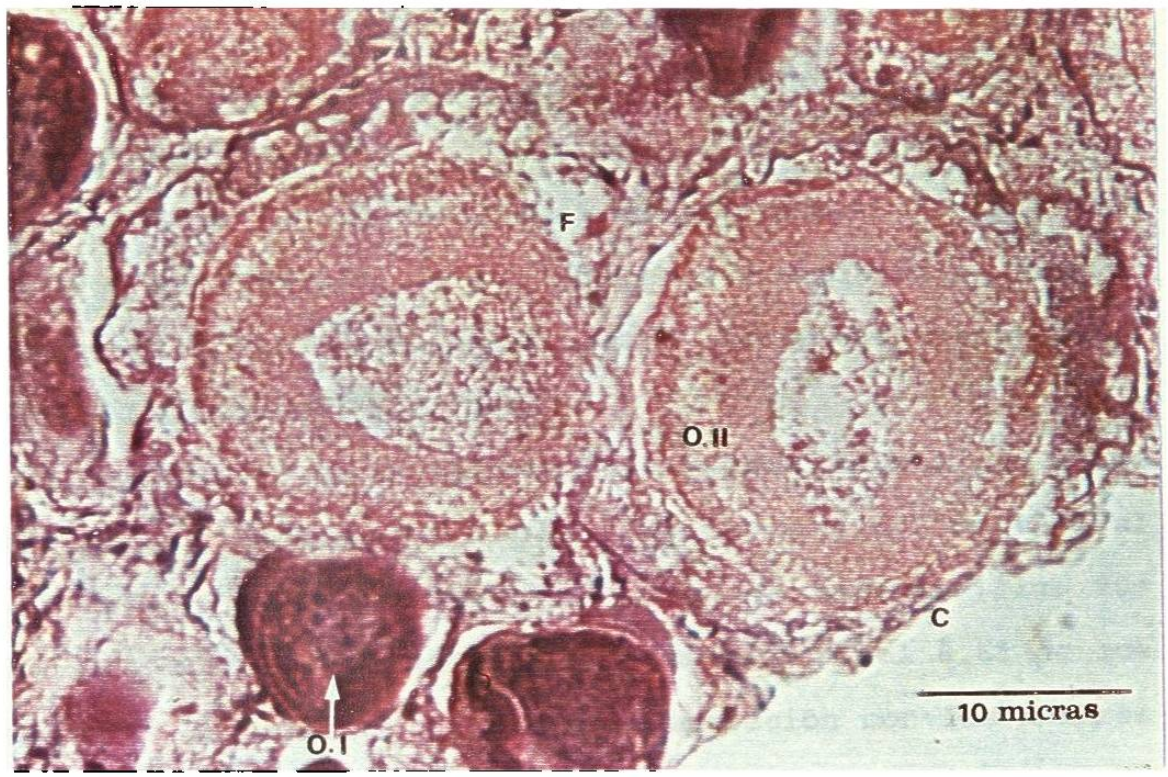

Lámina 10. Micrografía de la gónada diferenciada (ovario) de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*). Cápsula (C), folículo (F), oocitos previtelogénicos de tipo I (O.I) y tipo II (O.II). Tinción hematoxilina-eosina.

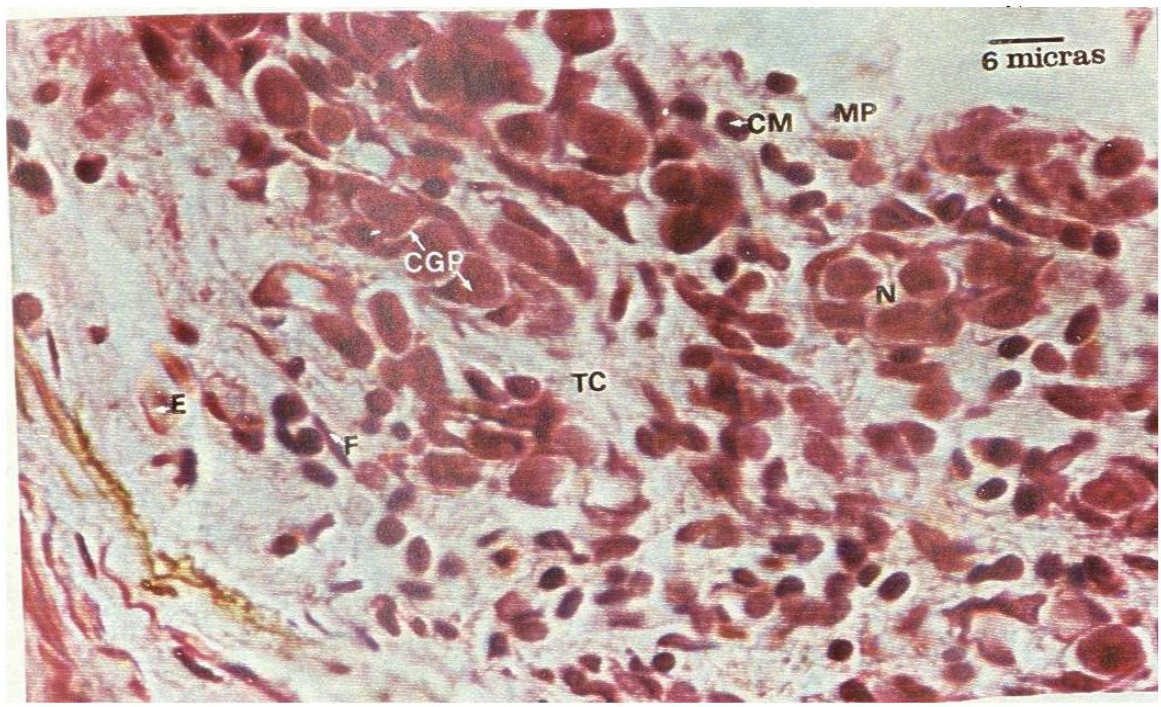

Lámina 9. Micrografía de la gónada indiferenciada de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*). Membrana peritoneal (MP), tejido conjuntivo (TC), fibroblastos (F), células germinales primordiales (CGP), células mesenquimatosas (CM), nidos de células (N), y eritrocitos (E). Tinción hematoxilina-eosina.

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

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

5.3 Indice Gonadosomático Relativo

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

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

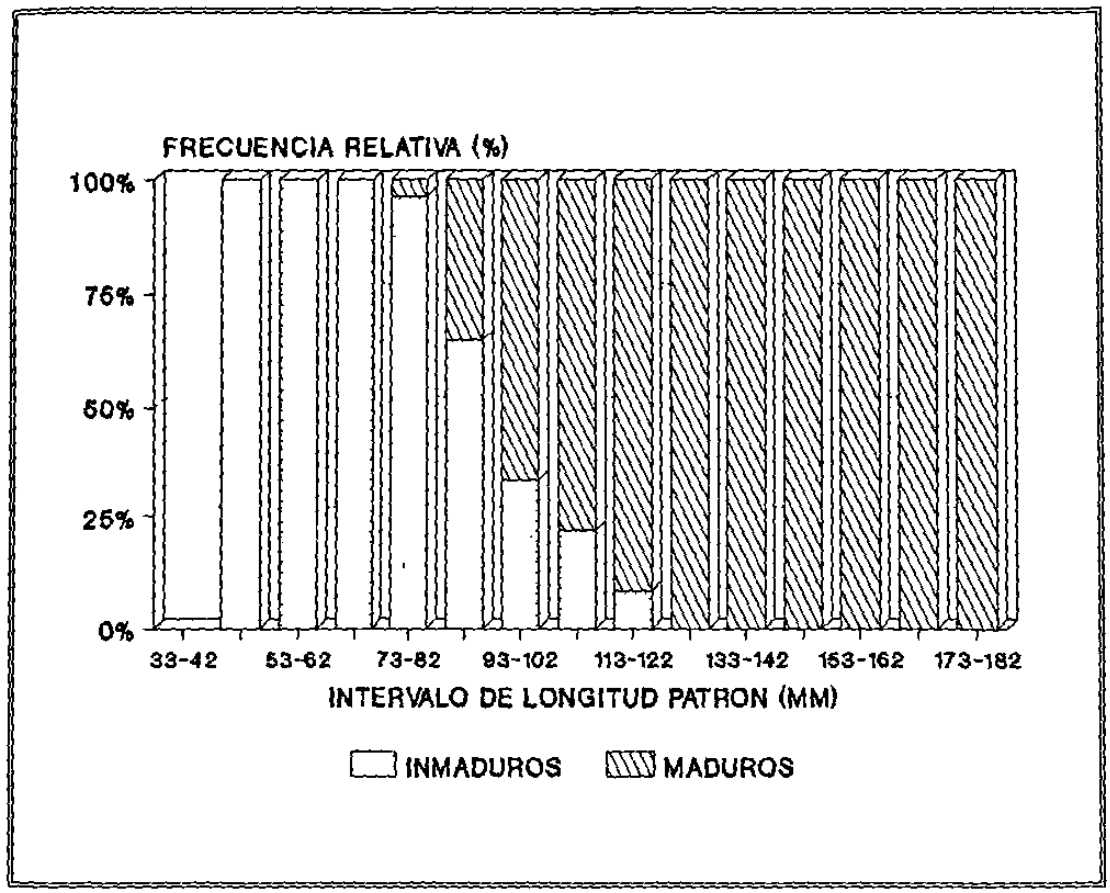

Figura 19. Frecuencia relativa de individuos maduros e inmaduros por clase de talla de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (febrero 1988 a febrero 1989). N= 269 individuos.

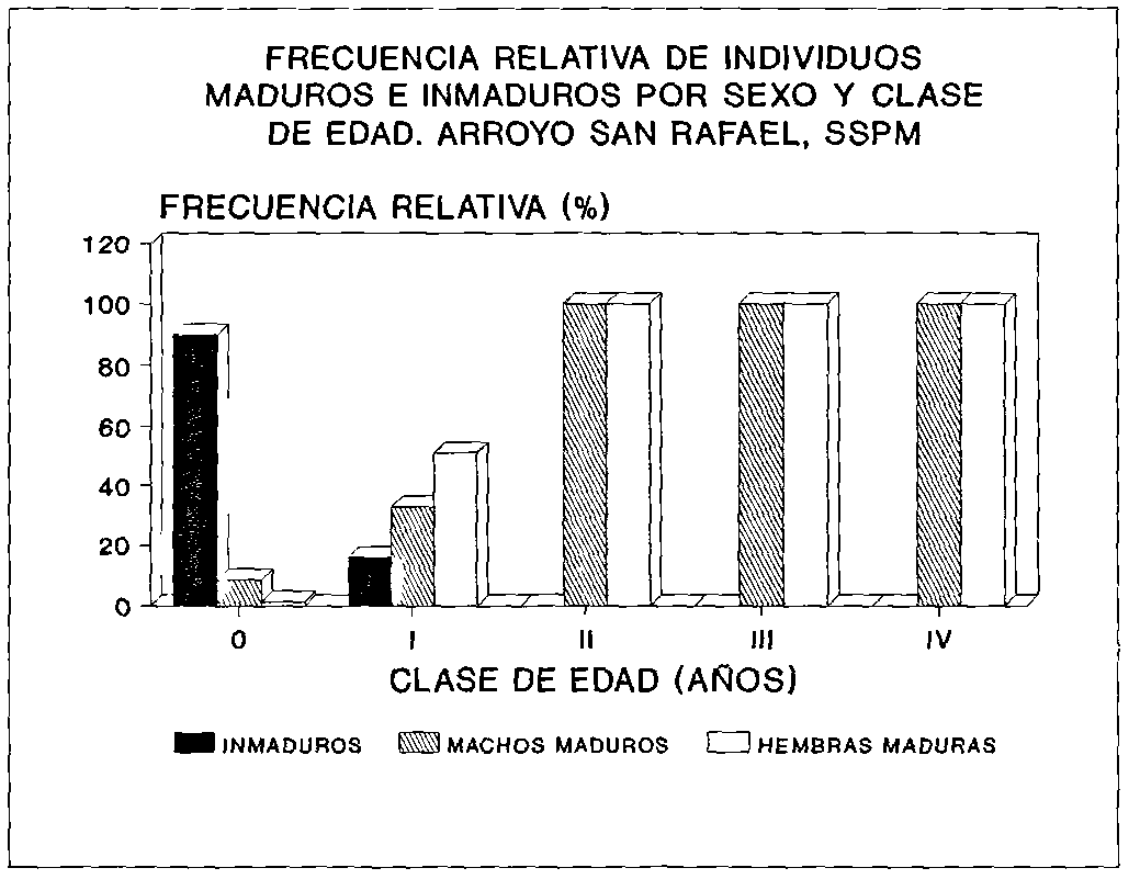

Figura 20. Frecuencia relativa de individuos maduros e inmaduros por sexo y edad de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (febrero 1988 a febrero 1989). N= 269 individuos.

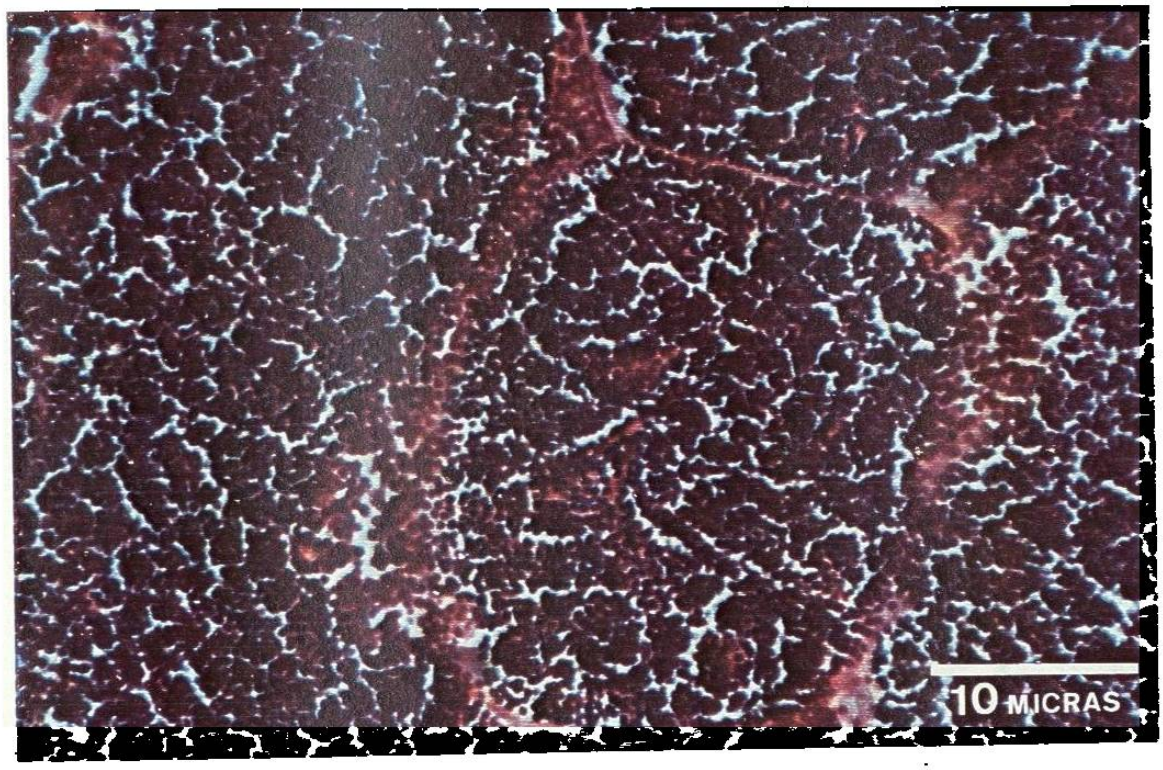

Lámina 11. Micrografía de la gónada madura (testículo) de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*). Tinción hematoxilina-eosina.

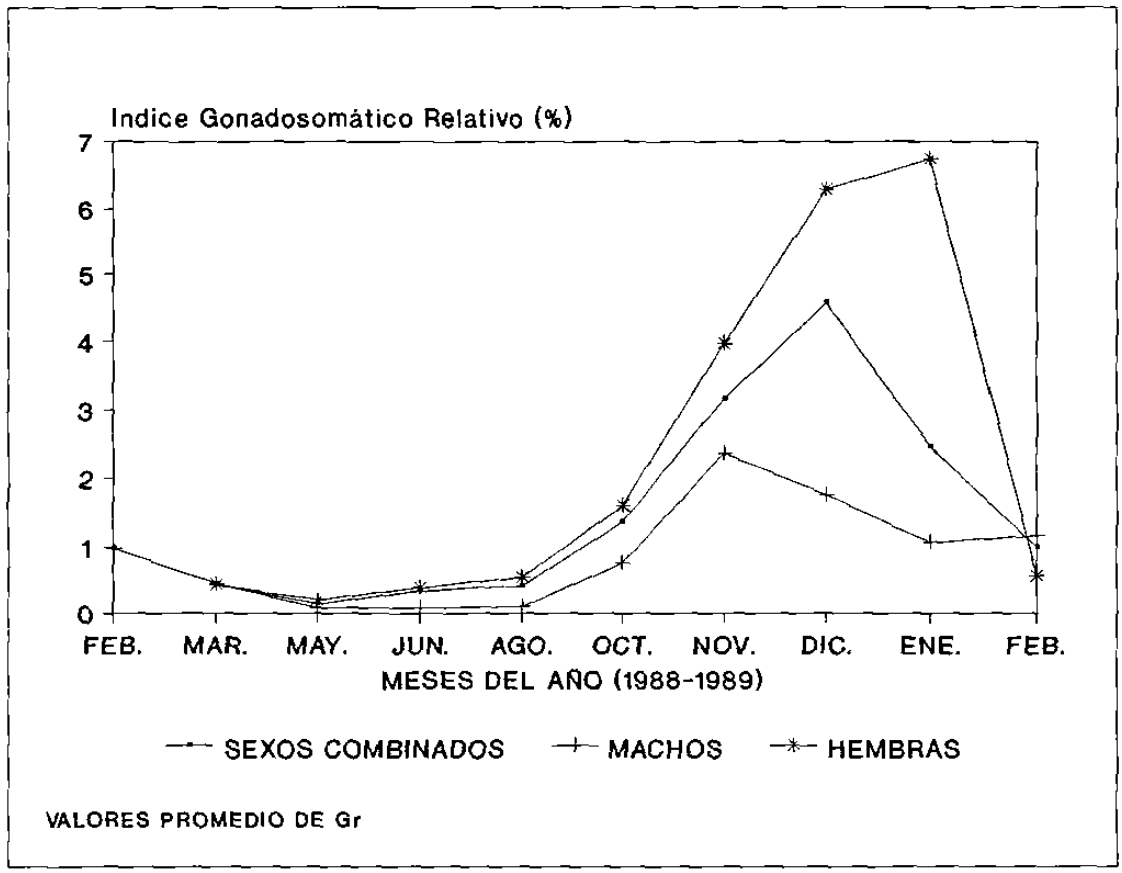

Figura 21. Indice gonadosomático relativo (sexos separados y combinados) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (febrero 1988 a febrero 1989).

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

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

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

5.4. Fecundidad

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

5.4.1 Fecundidad Absoluta

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

A

B

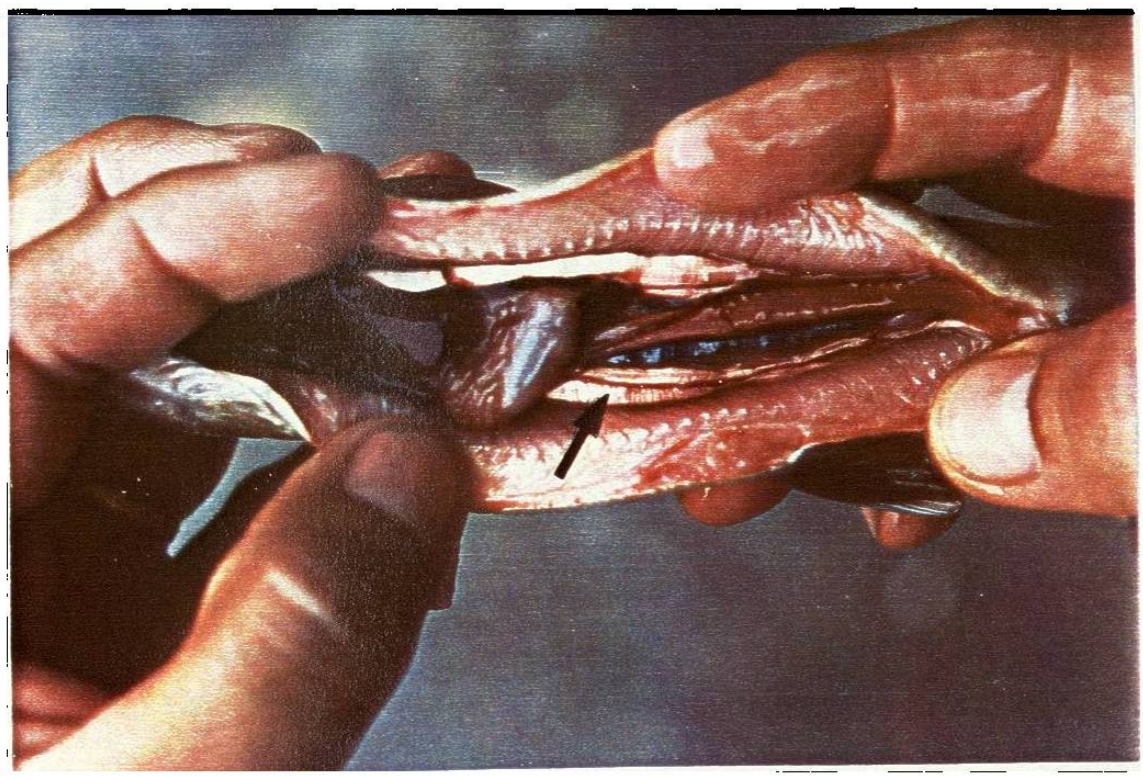

Lámina 13. (A) ovario de un ejemplar hembra de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) en etapa avanzada de desarrollo, (B) testículo de un ejemplar macho de trucha arcoiris en etapa avanzada de desarrollo.

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

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

5.4.2 Tamaño de Ovocito

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

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

5.4.3 Fecundidad Relativa

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

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

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

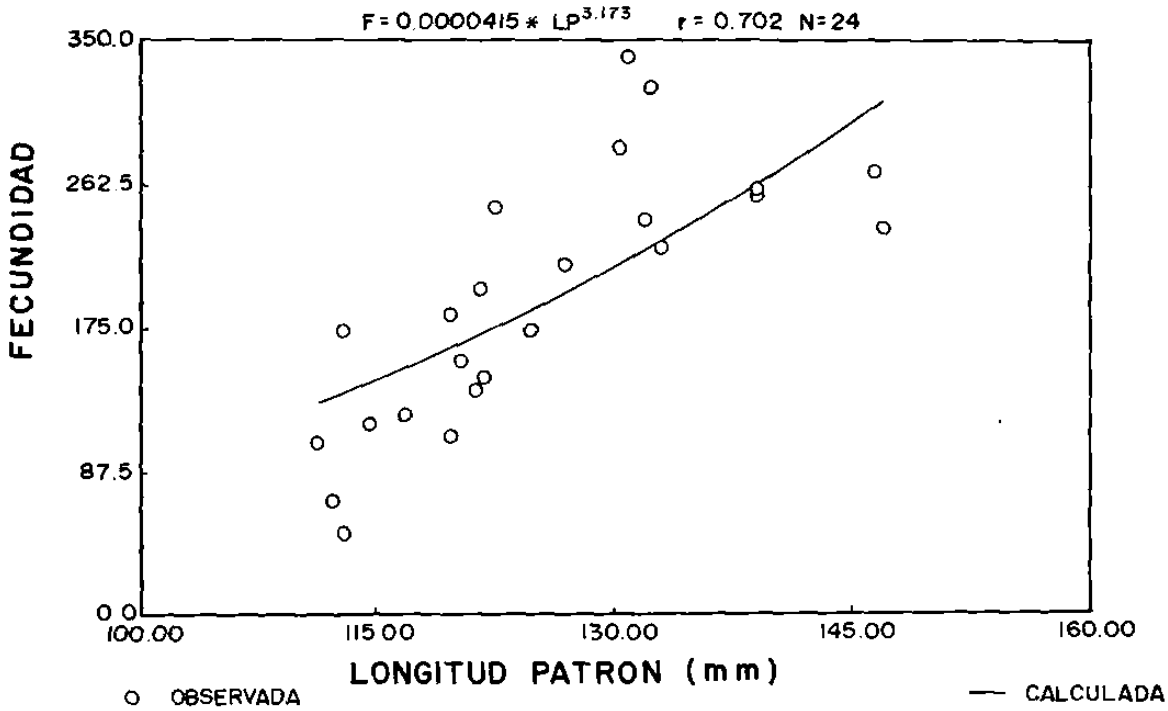

Figura 22. Relación entre *fecundidad* y longitud patrón de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

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

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

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

6. AMBITO CASERO Y SU RELACION CON EL HABITAT

6.1 Tamaño del Ambito Casero

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

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

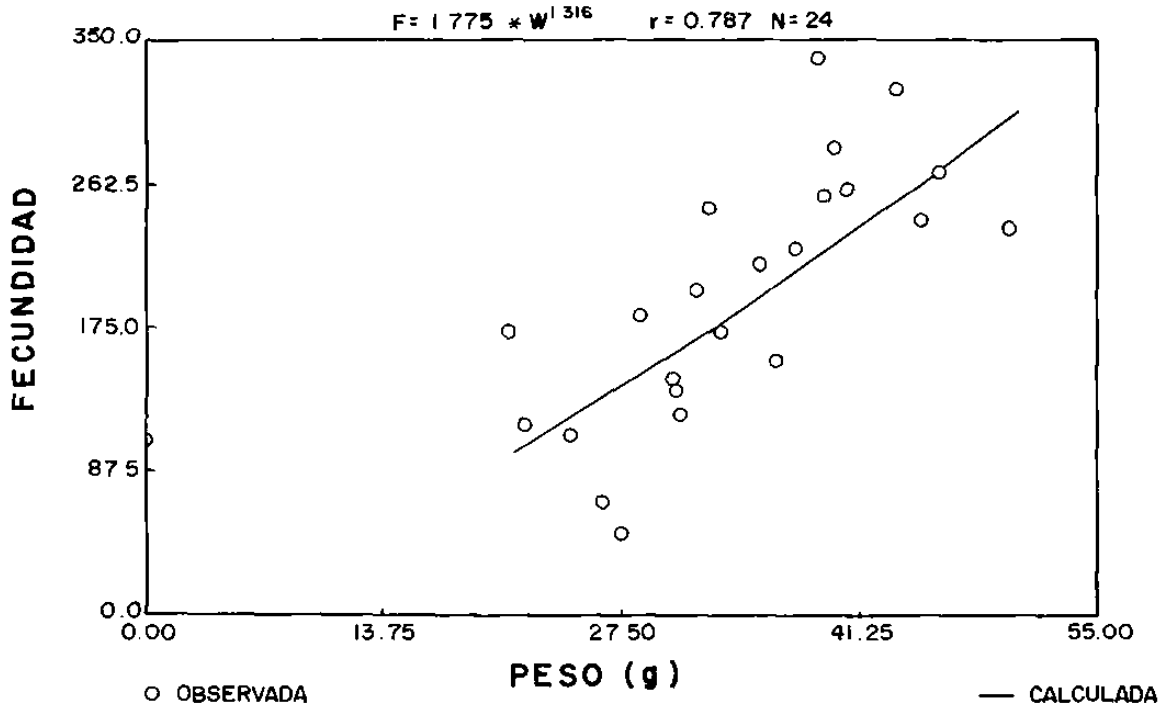

Figura 23. Relación entre fecundidad y peso de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

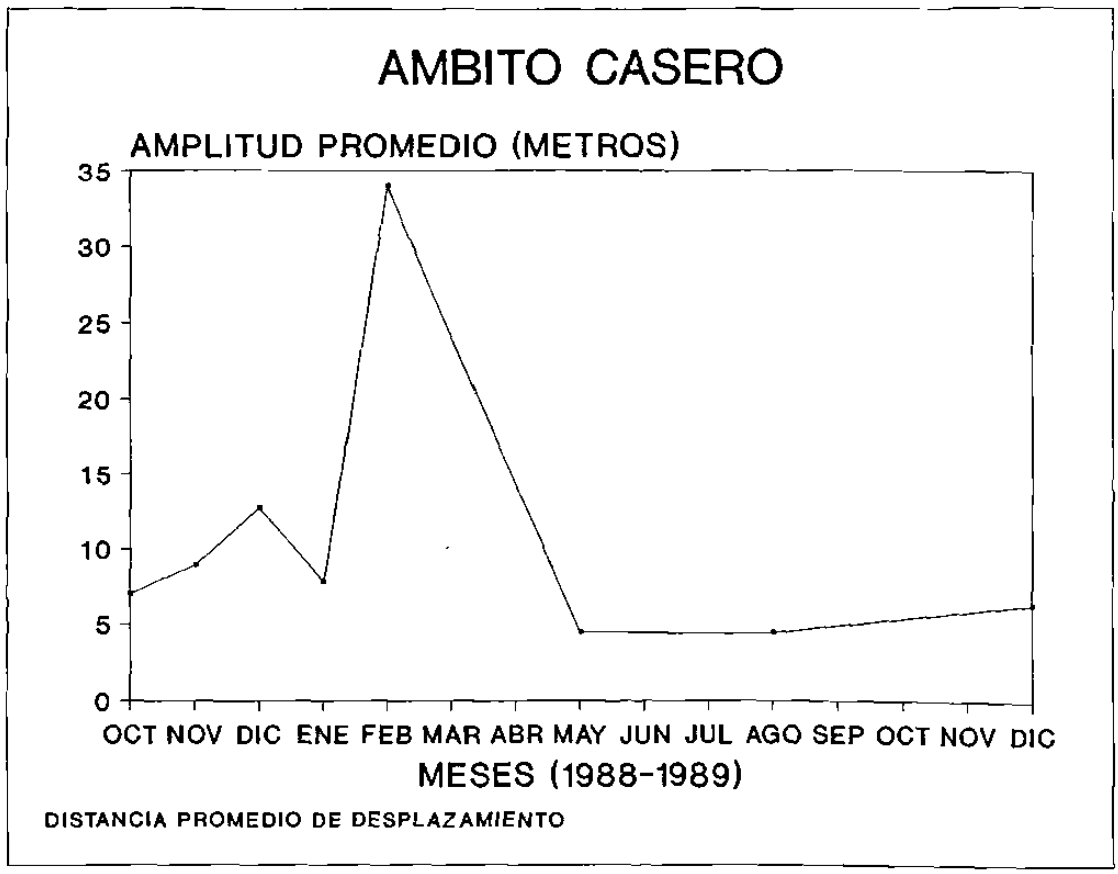

Figura 24. Amplitud del ámbito casero de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (octubre 1988 a diciembre 1989).

6.2 Relación del Tamaño del Ambito Casero con el Habitat

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

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

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

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

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

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

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

*Significancia alpha = 0.05

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

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

X^2 = 1.223
p = 0.874 (no significativa)

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

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

* Clasificación de Wentworth.
Grava = Diámetro > 2 mm
Arena = Diámetro 0.0625-1.9 mm
Limo = Diámetro 0.0030-0.0058 mm
Arcilla = Diámetro 0.00024-0.00389 mm

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

6.3 Densidad de Truchas por Unidad de Area

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

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

7. CARACTERISTICAS LIMNOLOGICAS DEL HABITAT DE LA TRUCHA

7.1 Características Geomorfológicas

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

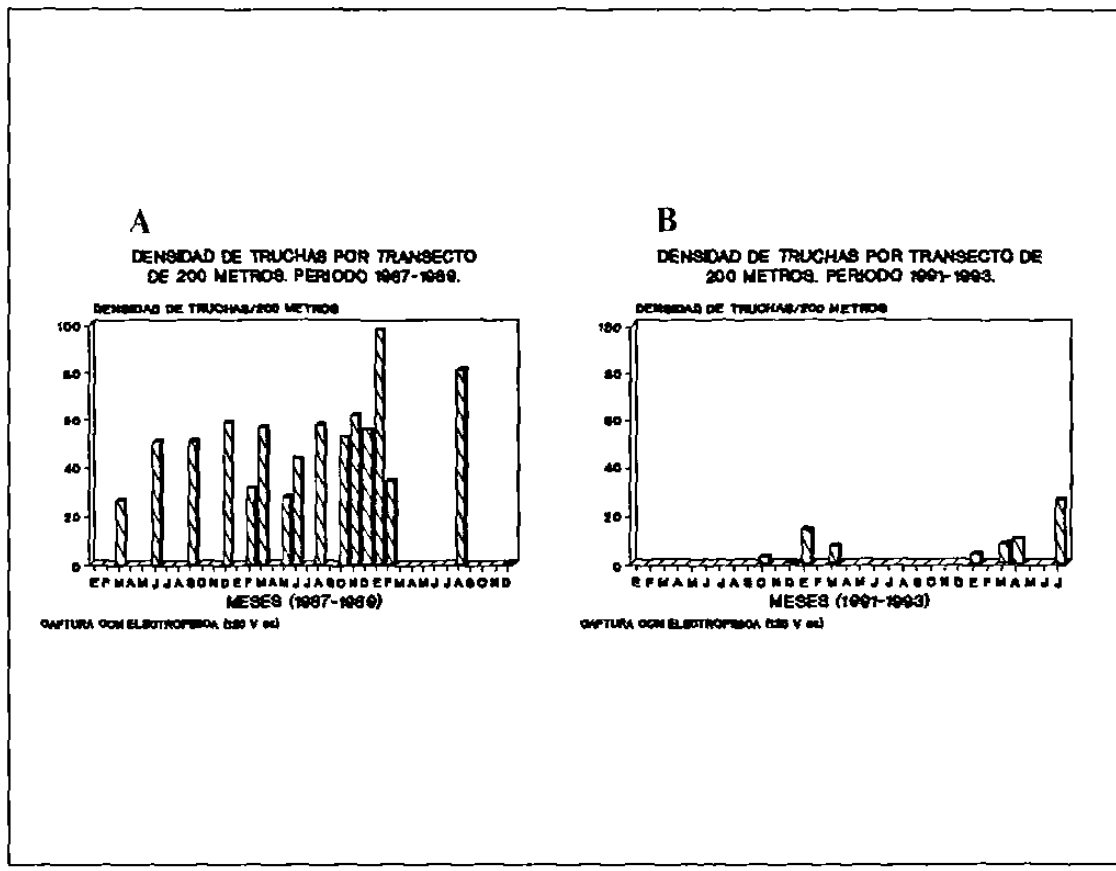

Figura 25. Densidad de truchas por transecto de 200 metros de longitud en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante un período de seis años (marzo 1987 a marzo 1993).

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

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

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

7.2 Características Sedimentológicas

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

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

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

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

7.3 Características Hidrométricas

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

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

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

7.4 Características Físico-químicas

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

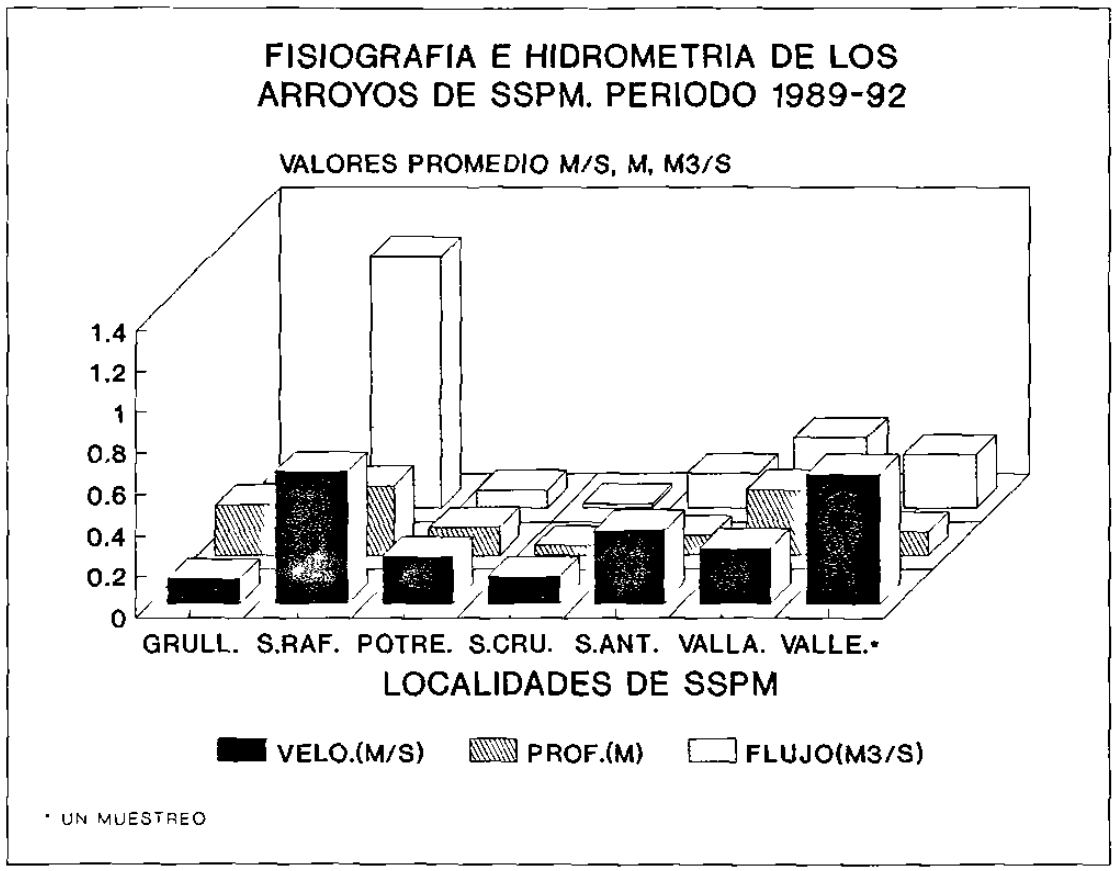

Figura 26. Características fisiográficas e hidrométricas de los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

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

Arroyo	Fecha día/mes/año	pH	DT	Ca	Mg	Si	PO_4	NO_3
			Partes por Millón (ppm)					
San Rafael	19-02-89	8.0	116	--	--	--	<0.2	<0.2
	20-05-89	8.4	120	55	65	8	<0.2	<0.2
	20-08-89	8.4	140	75	65	20	<0.2	<0.2
	24-10-89	8.2	116	84	32	20	<0.2	<0.2
	10-12-89	8.2	108	76	32	20	<0.2	<0.2
	20-07-90	8.7	116	76	40	5	<0.2	<0.2
	Promedio	8.3	119.3	73.2	46.8	14.6	<0.2	<0.2
La Grulla	23-03-90	8.4	72	64	8	12	<0.2	<0.2
	11-08-90	7.9	58	54	4	11	<0.2	<0.2
	30-09-90	8.1	64	62	2	12	<0.2	<0.2
	24-10-92	8.0	--	--	--	16	<0.2	<0.2
	Promedio	8.1	64.7	60.0	4.7	12.8	<0.2	<0.2
El Potrero	11-03-89	8.0	96	76	20	18	<0.2	<0.2
	17-05-89	8.1	108	64	44	24	<0.2	<0.2
	26-11-89	8.1	100	72	28	32	<0.2	<0.2
	Promedio	8.1	101	71	31	25	<0.2	<0.2
Santa Cruz	12-03-89	8.0	200	126	74	30	<0.2	<0.2
	18-05-89	7.4	200	92	108	20	<0.2	<0.2
	26-11-89	7.5	200	120	80	32	<0.2	<0.2
	26-04-91	8.2	140	100	40	20	<0.2	<0.2
	Promedio	7.8	185	109.5	75.5	25.5	<0.2	<0.2
San Antonio	29-06-91	8.2	111	78	33	19	<0.2	<0.2
	18-06-92	8.3	116	80	36	22.5	<0.2	<0.2
	Promedio	8.3	113.5	79	34.5	20.8	<0.2	<0.2
Valladares	19-06-92	8.2	136	88	48	30	<0.2	<0.2
Vallecitos	20-03-92	7.7	32	29.3	1.3	0.5	<0.2	<0.2

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

7.4.1 Temperatura del Aire y del Agua

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

7.4.2 Potencial de Iones Hidrógeno (pH)

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

7.4.3 Dureza Total

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

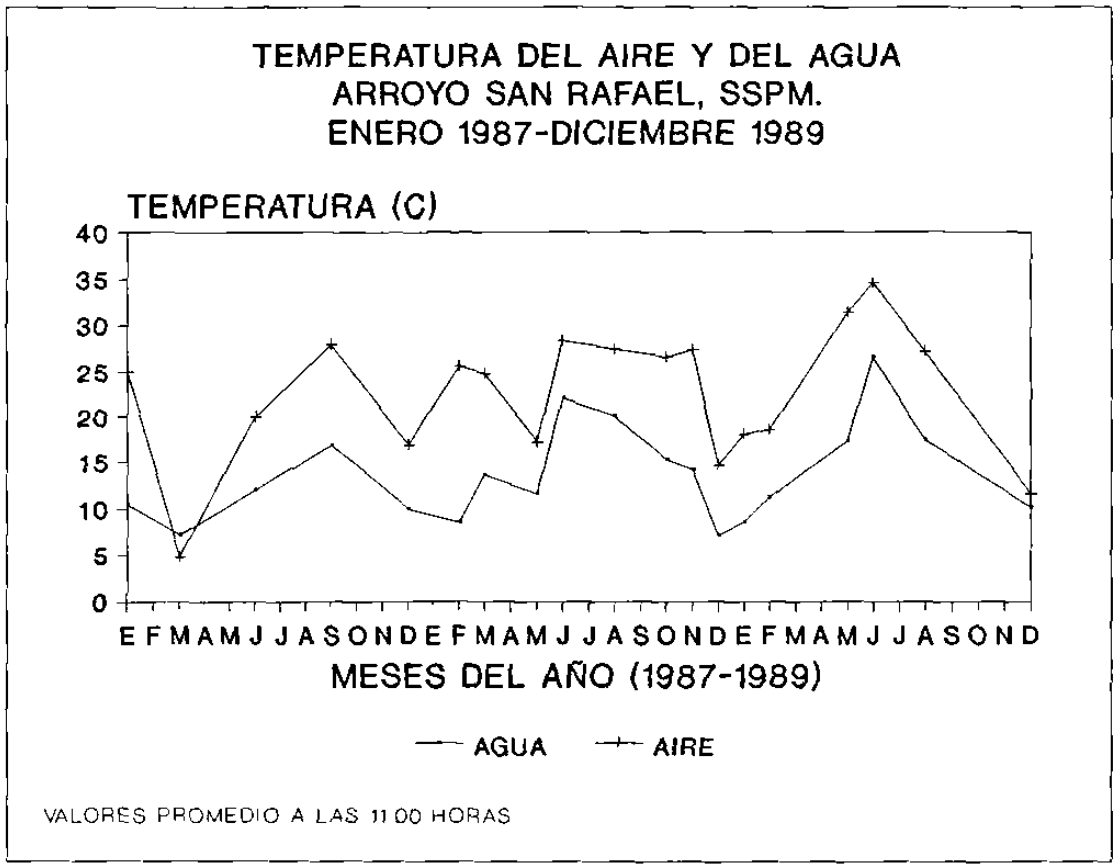

Figura 27. Temperatura ambiental y del agua en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante el período de enero 1987 a diciembre 1989.

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

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

[1]/Tiempo Estándar del Pacífico.

[2]/Temperatura medida con un termómetro digital (precisión ± 0.2 °C)

[3]/Oxígeno disuelto determinado por el método de Winkler (Lamotte Chemical).

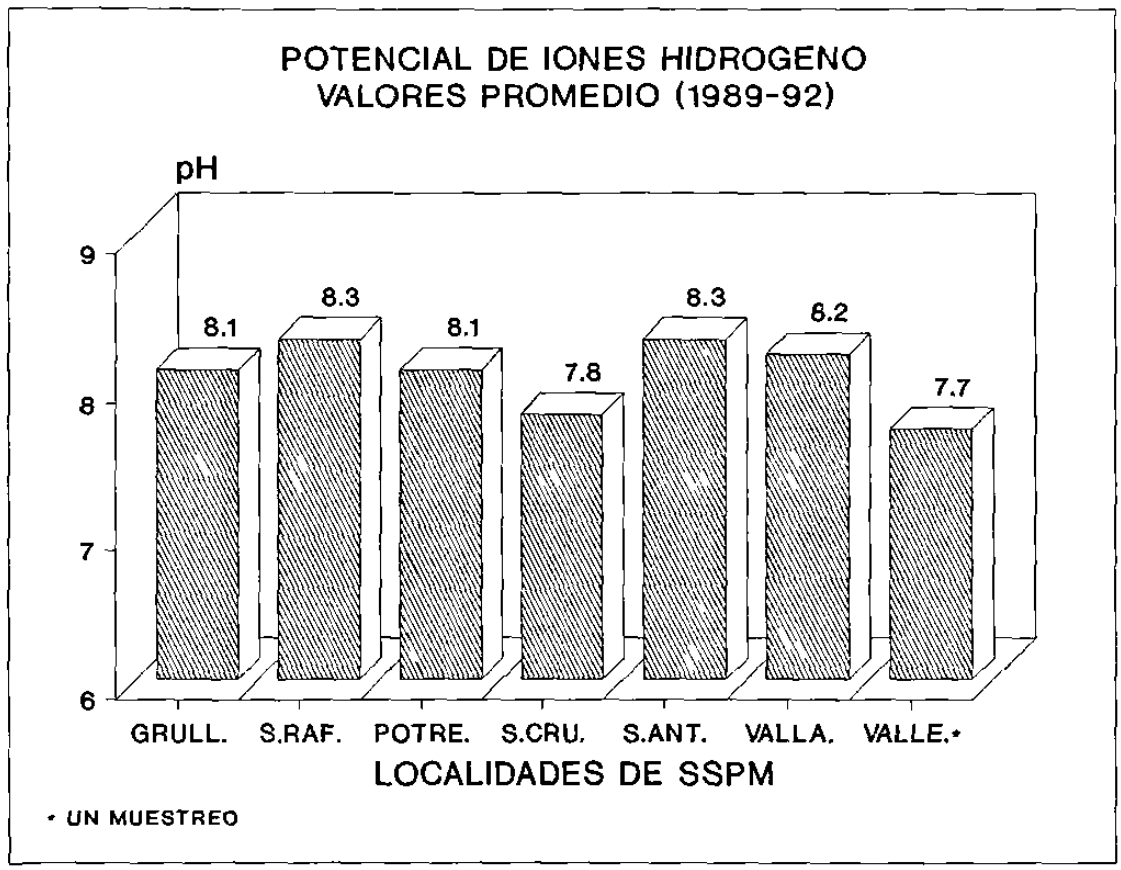

Figura 28. Potencial de iones hidrógeno en los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

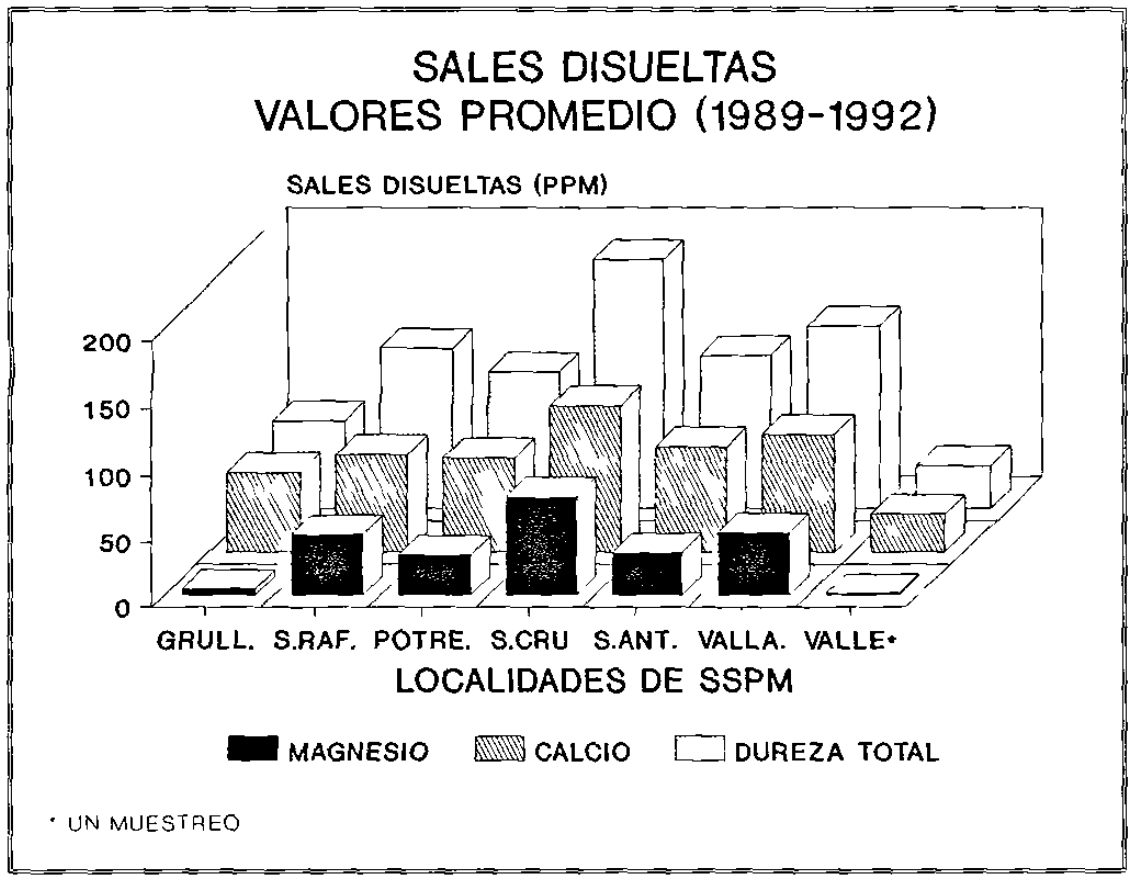

Figura 29. Contenido promedio de sales disueltas en los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

7.4.4 Dureza en Calcio

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

7.4.5 Dureza en Magnesio

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

7.4.6 Silicatos

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

7.4.7 Nutrientes

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

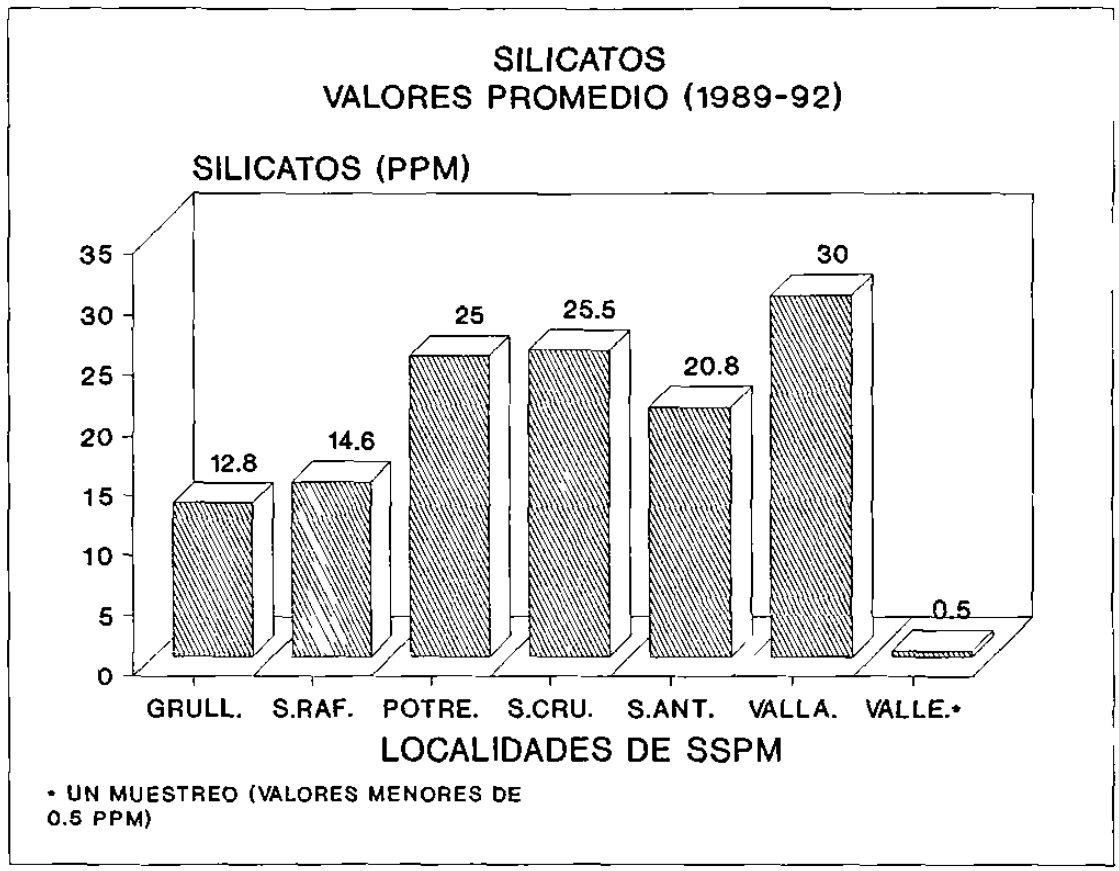

Figura 30. Contenido promedio de silicatos en los arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

7.4.8 Ciclo de 24 Horas de Parámetros Físico-químicos

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

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

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

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

El contenido de oxígeno de disuelto fue variable a través

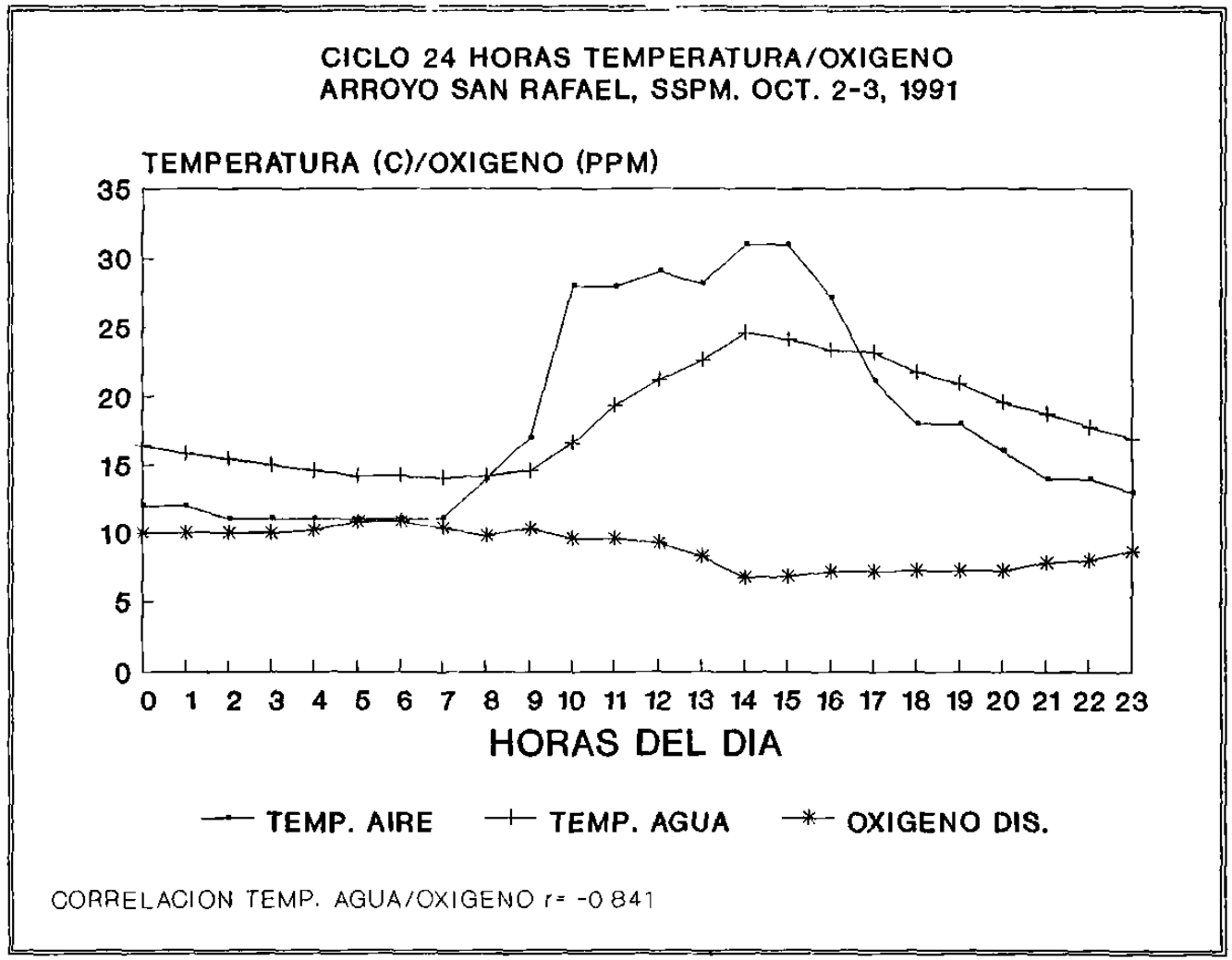

Figura 31. Ciclo de 24 horas de temperatura y oxígeno disuelto en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante octubre 2-3, 1991.

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

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

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

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

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

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

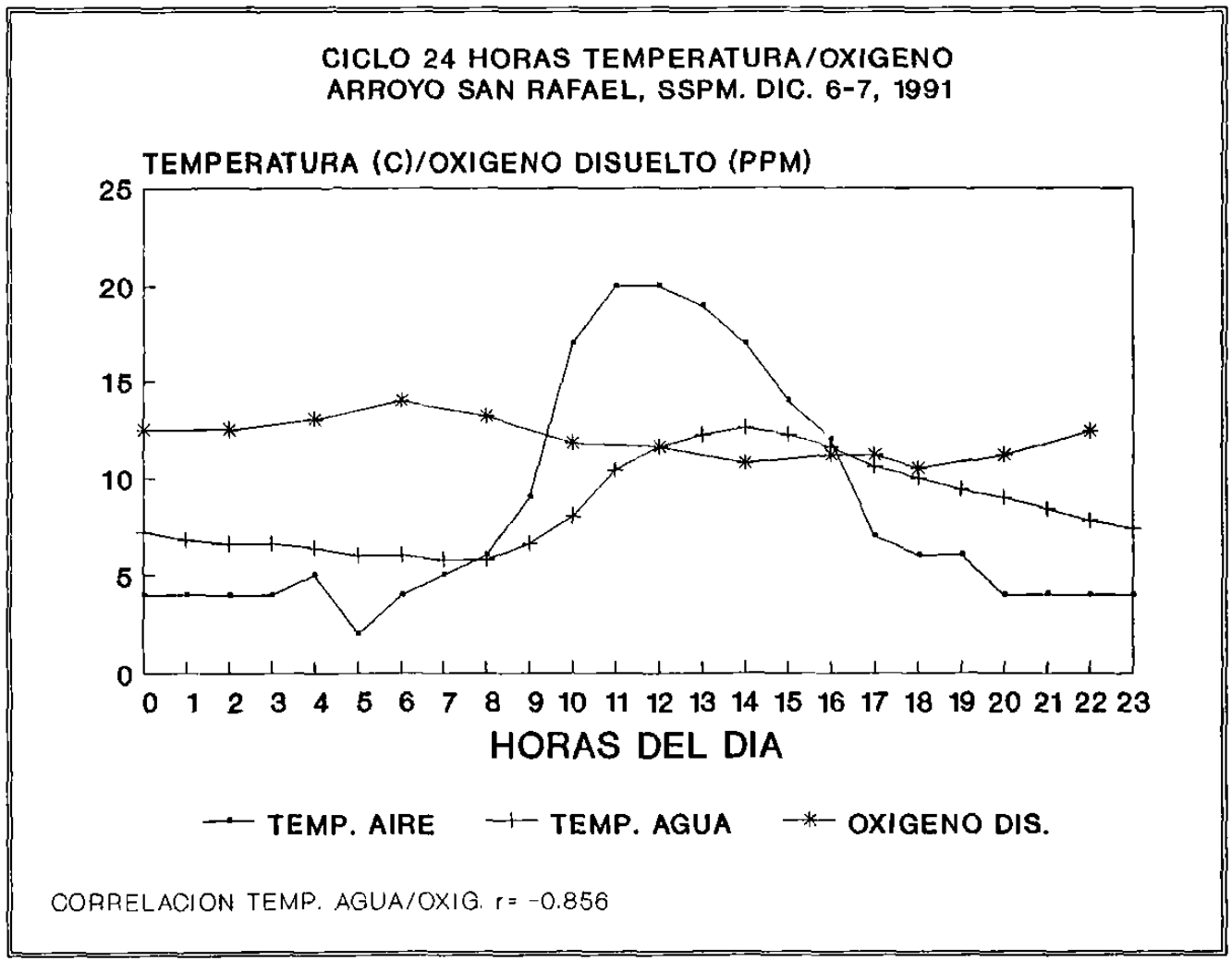

Figura 32. Ciclo de 24 horas de temperatura y oxígeno disuelto en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México, durante diciembre 6-7, 1991.

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

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

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

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

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

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

7.5 Características de la Biota Asociada

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

7.5.1 Vegetación Riparia

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

7.5.2 Vegetación Acuática (Macrófitas)

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

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

7.5.3 Densidad Promedio Estacional de Presas en el Arroyo San Rafael

7.5.3.1 Densidad de Presas Bentónicas

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

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

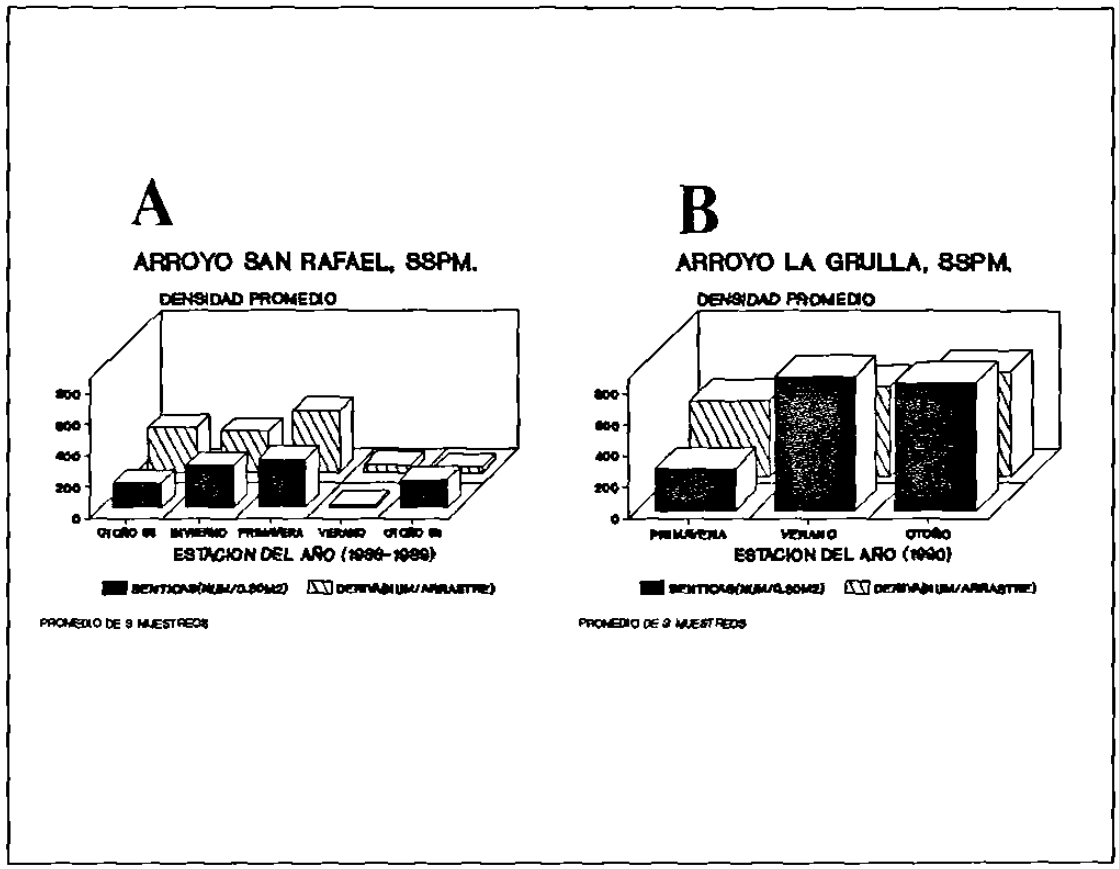

Figura 33. Densidad promedio estacional de presas bentónicas y de deriva en dos arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. A) Arroyo San Rafael, y B) Arroyo La Grulla.

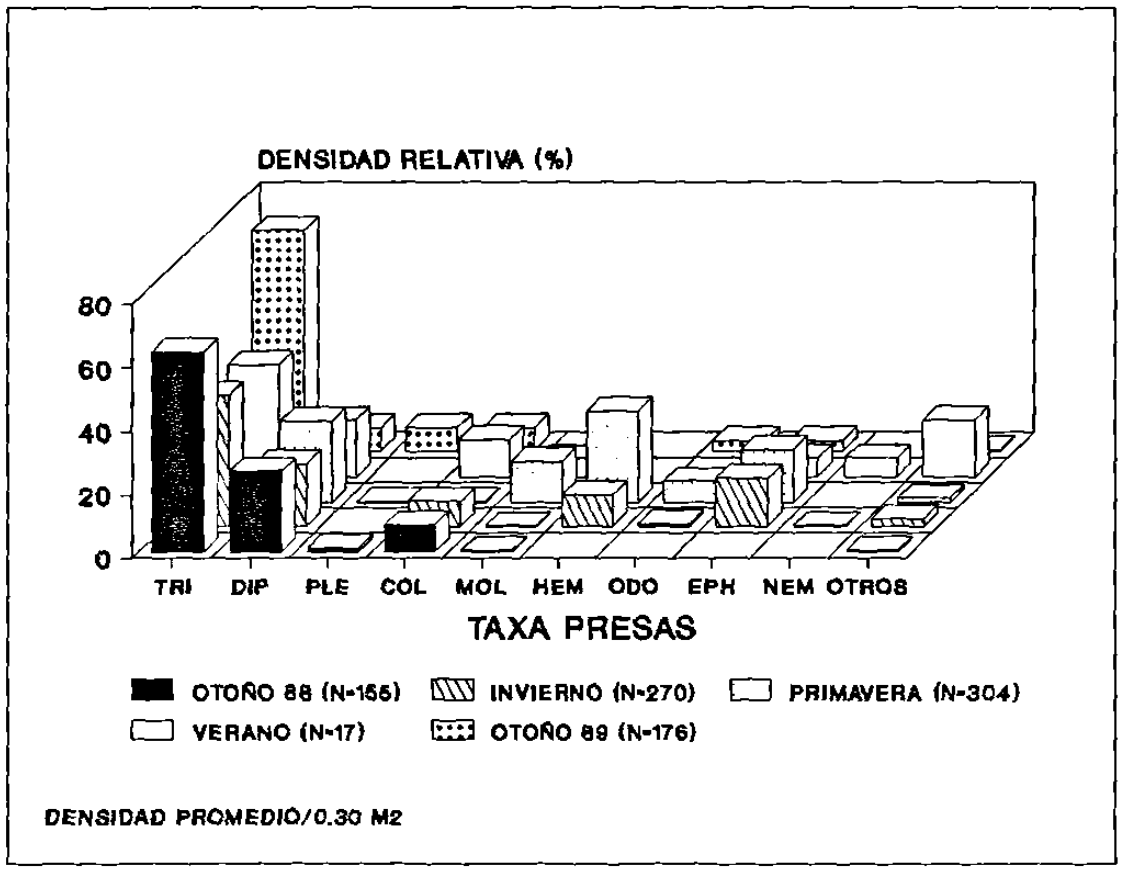

Figura 34. Densidad relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989).

7.5.3.2 Densidad de Presas de Deriva

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

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

7.5.4 Densidad Promedio Estacional de Presas en el Arroyo La Grulla

7.5.4.1 Densidad de Presas Bentónicas

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

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

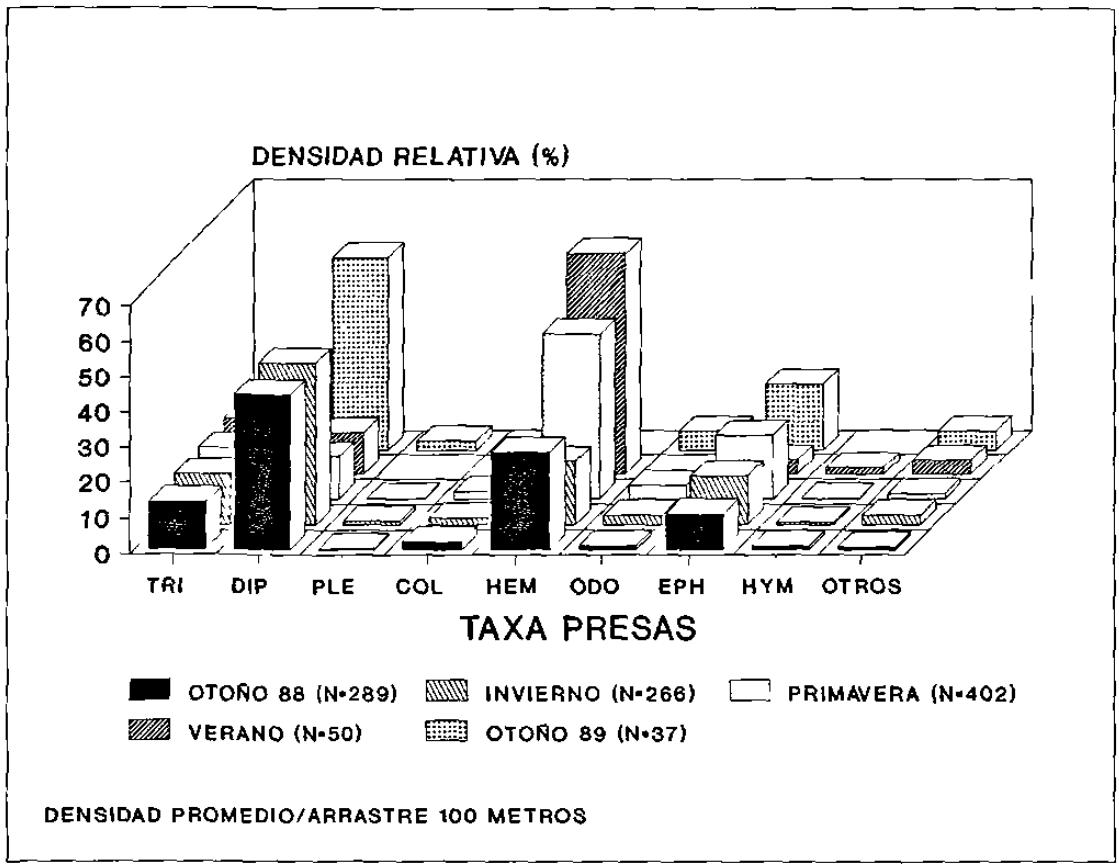

Figura 35. Densidad relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 diciembre 1989).

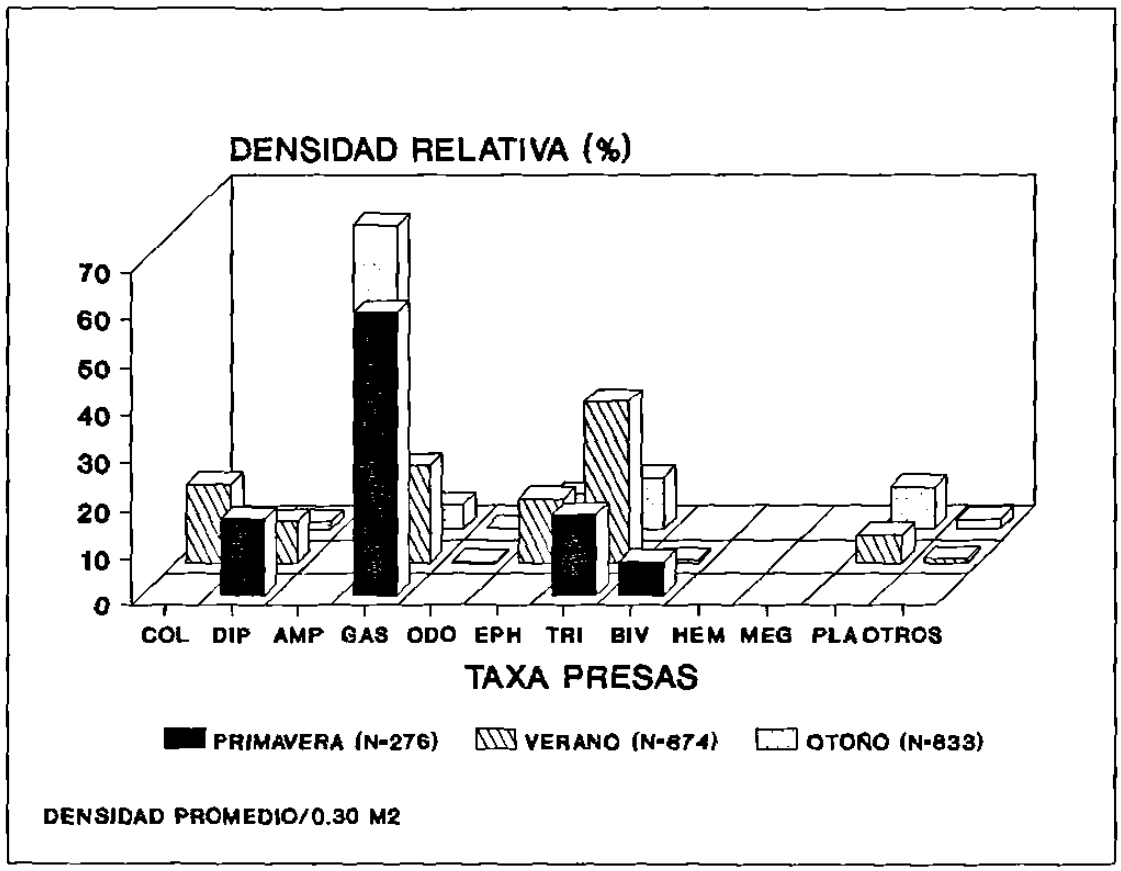

Figura 36. Densidad relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990).

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

7.5.4.2 Densidad de Presas de Deriva

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

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

7.5.5 Biomasa Promedio Estacional de Presas en el Arroyo San Rafael

7.5.5.1 Biomasa de Presas Bentónicas

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

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

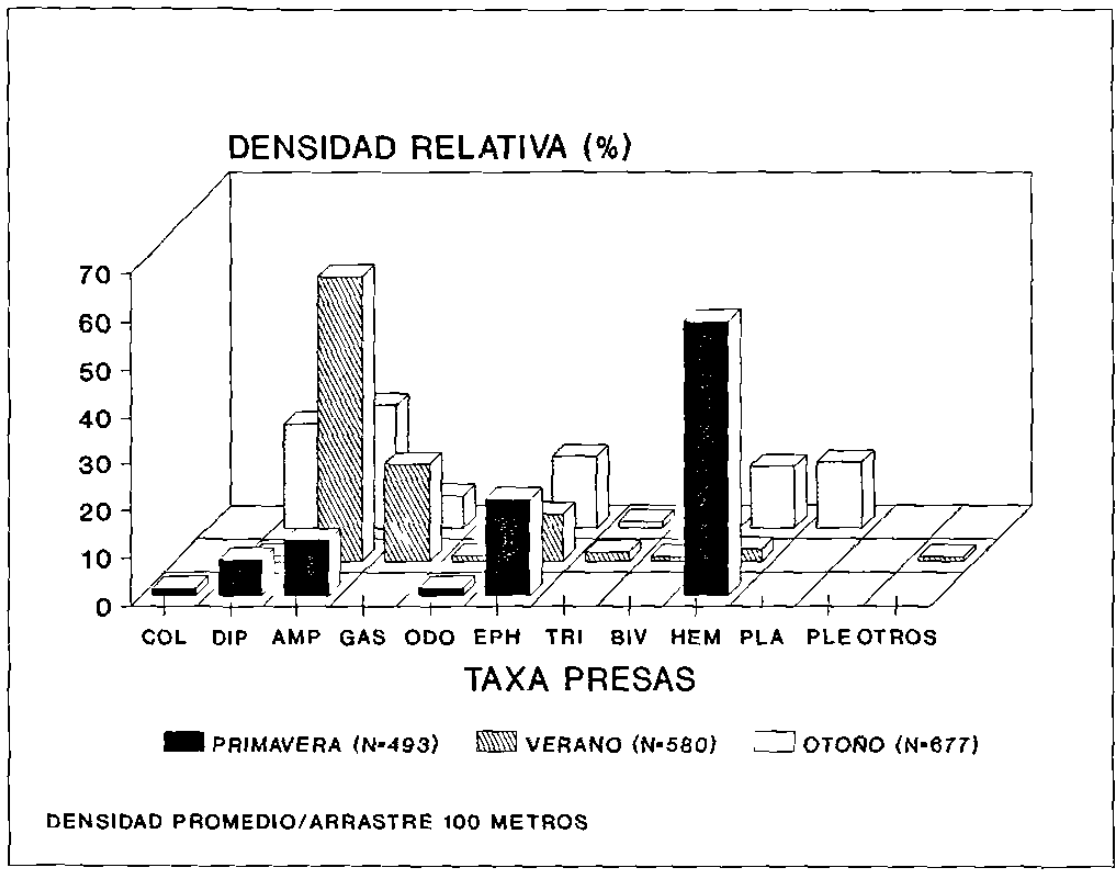

Figura 37. Densidad relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990).

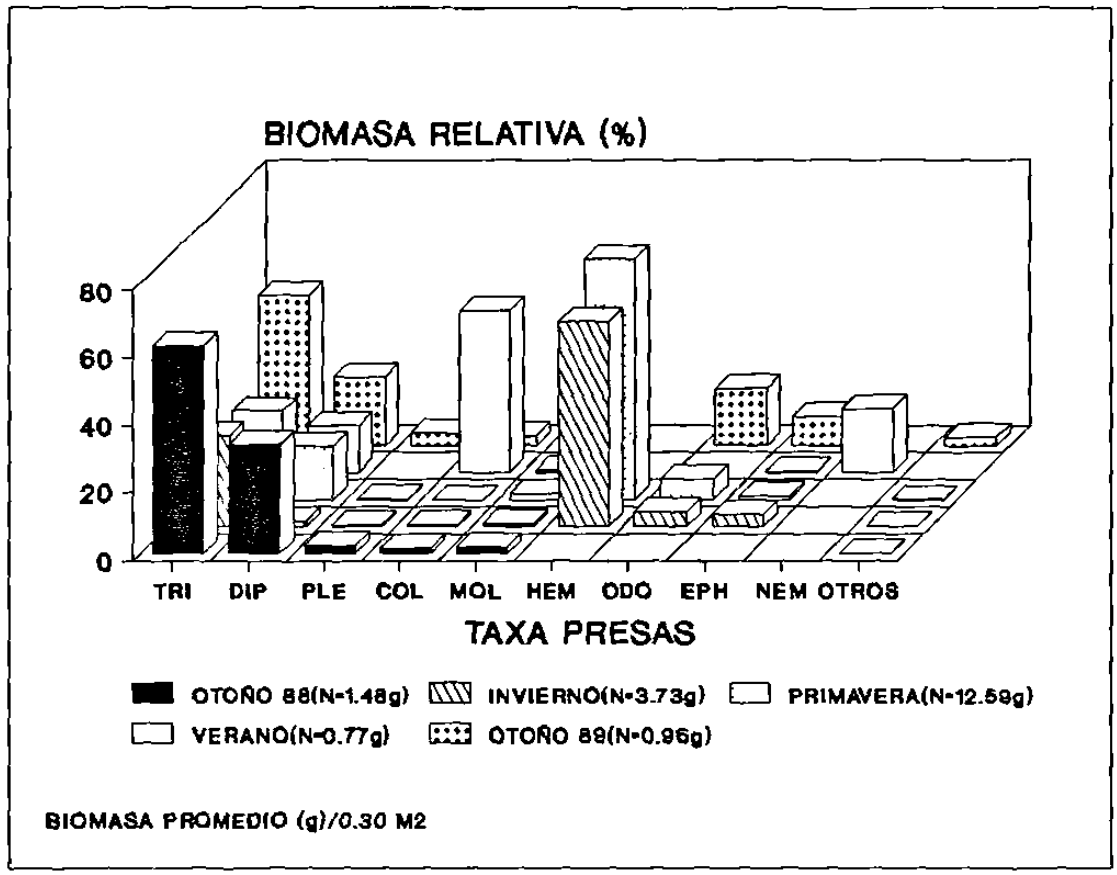

Figura 38. Biomasa relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989).

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

7.5.5.2 Biomasa de Presas de Deriva

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

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

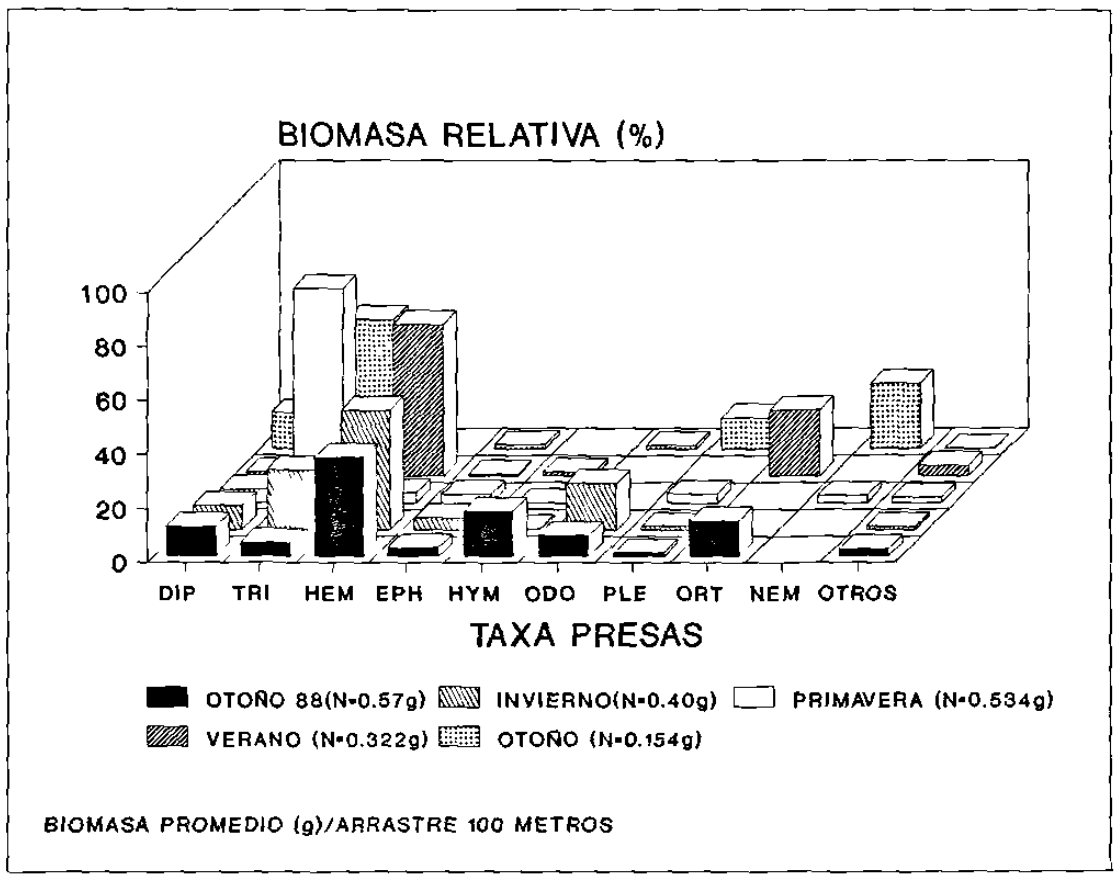

Figura 39. Biomasa relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989).

7.5.6 Biomasa Promedio Estacional de Presas en el Arroyo La Grulla

7.5.6.1 Biomasa de Presas Bentónicas

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

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

7.5.6.2 Biomasa de Presas de Deriva

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

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

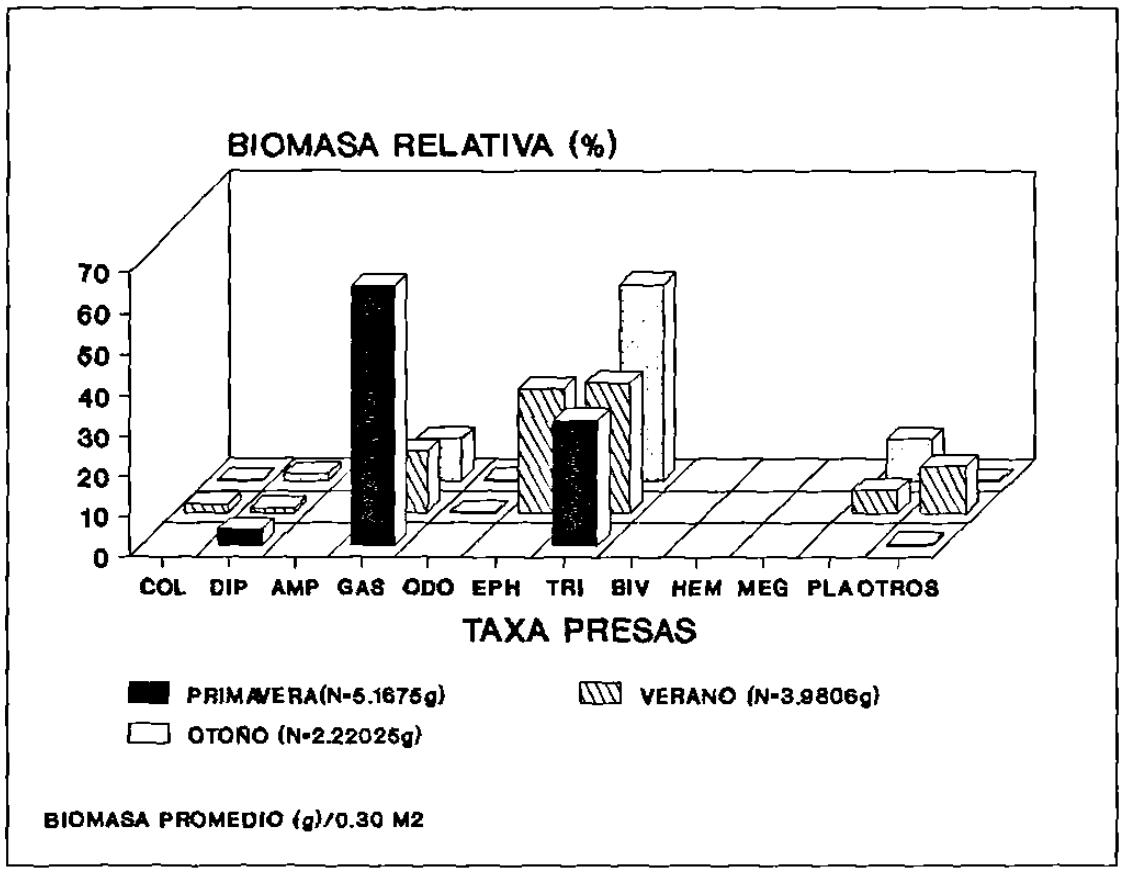

Figura 40. Biomasa relativa de taxa presas bentónicas a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990).

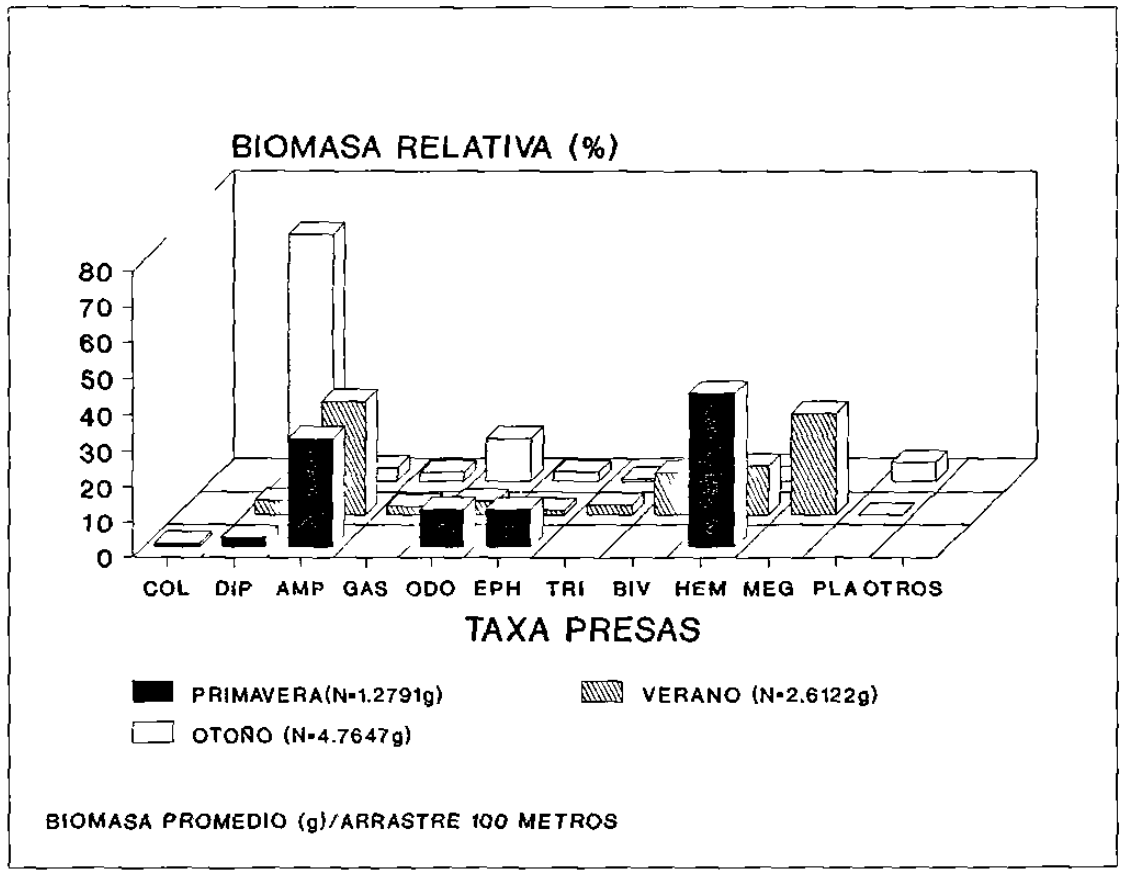

Figura 41. Biomasa relativa de taxa presas de deriva a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990).

7.5.7 Diversidad de Presas en el Arroyo San Rafael

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

7.5.8 Diversidad de Presas en el Arroyo La Grulla

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

7.5.9 Depredadores

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

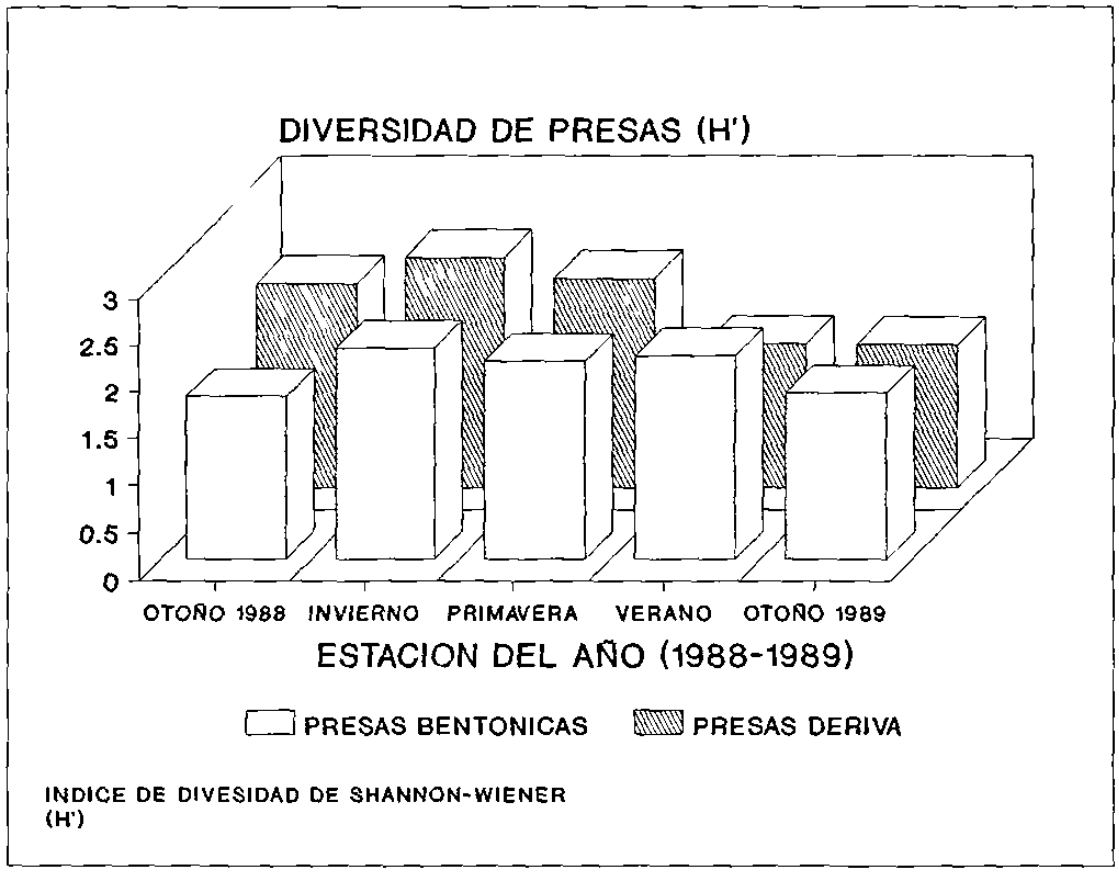

Figura 42. Diversidad de presas bentónicas y de deriva a nivel estacional en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período octubre 1988 a diciembre 1989).

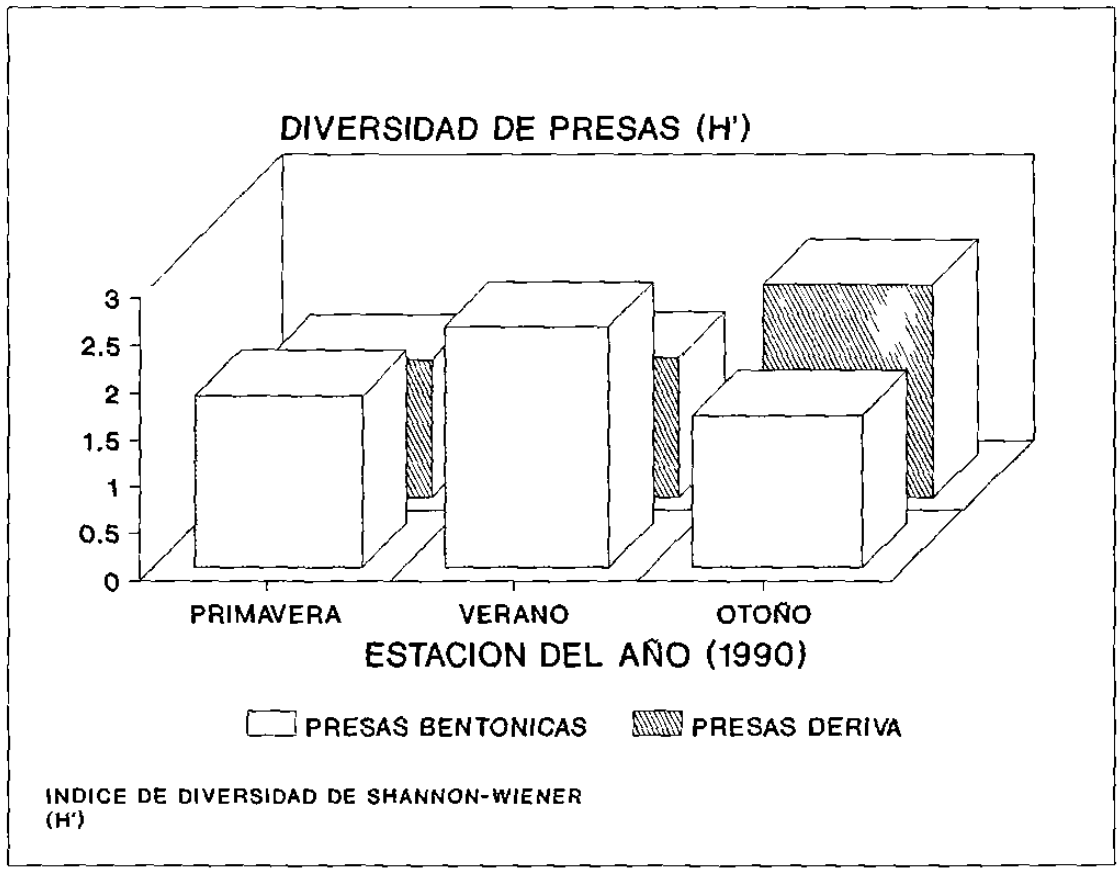

Figura 43. Diversidad de presas bentónicas y de deriva a nivel estacional en el Arroyo La Grulla, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (período marzo a septiembre 1990).

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