VI. RESULTADOS

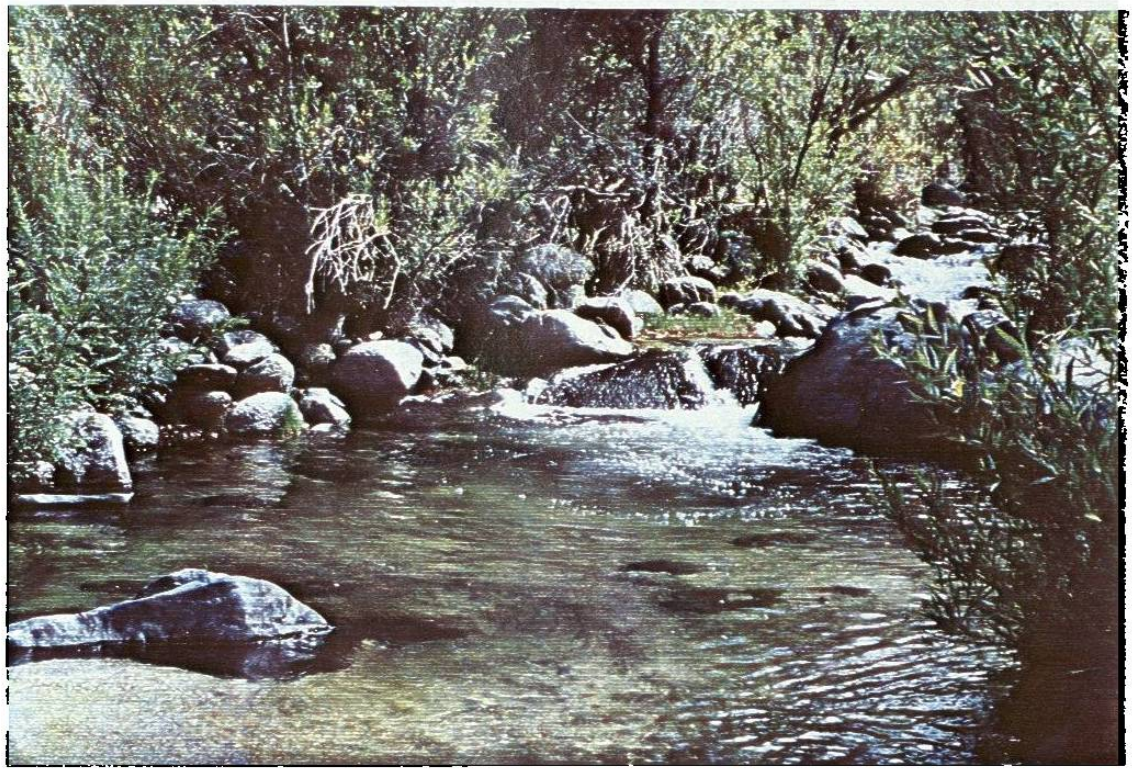
1. DISTRIBUCION ESPACIAL Y ALTITUDINAL

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

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

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

A



B

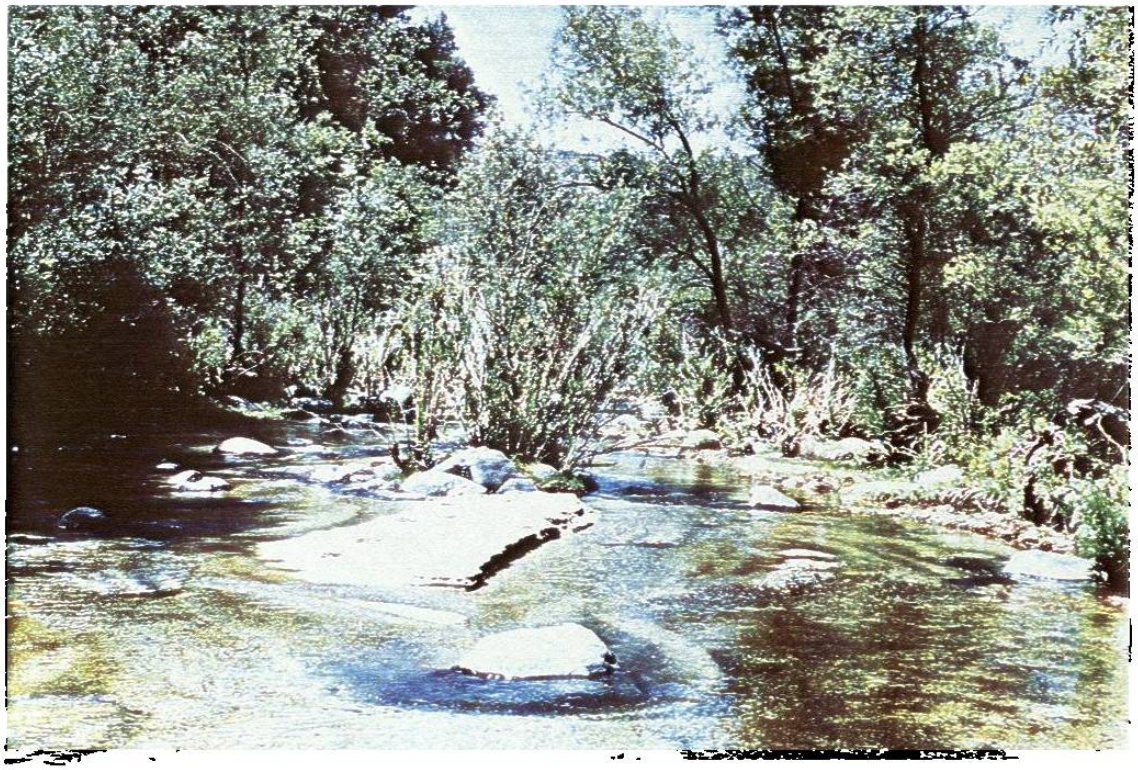
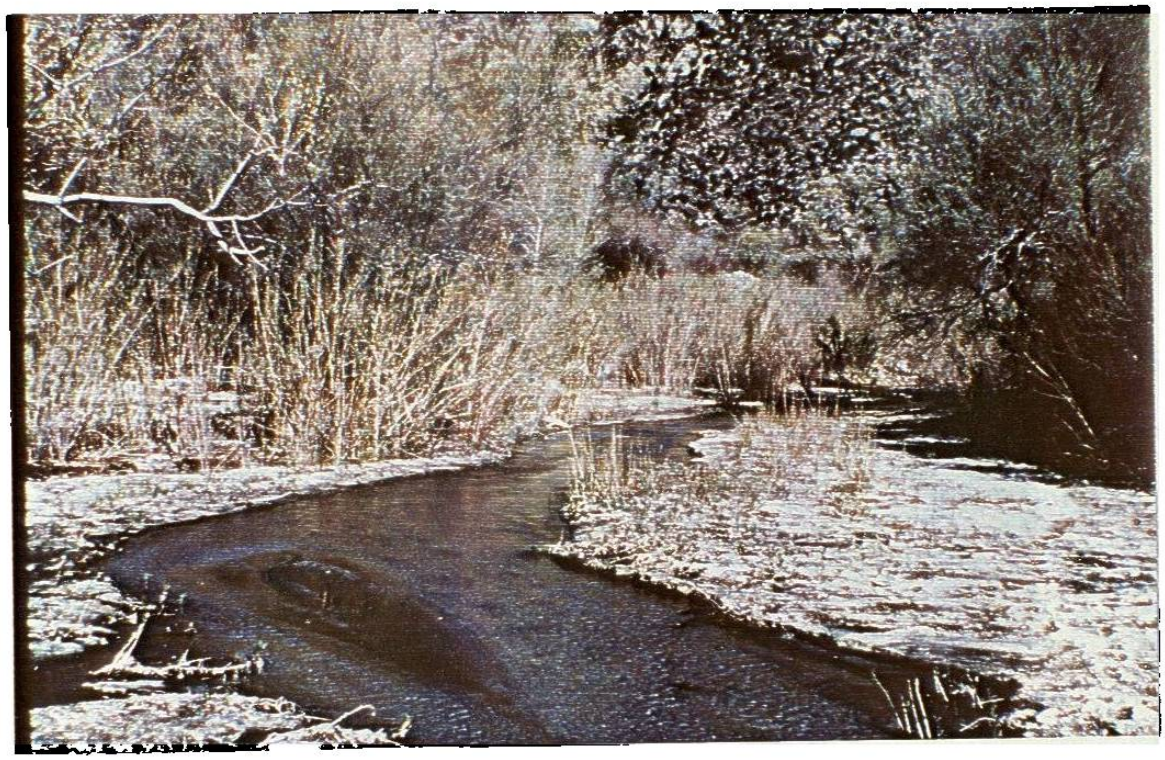


Lámina 1. (A) Arroyo La Zanja (565 m) ca. confluencia con el Arroyo San Antonio, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México; (B) Arroyo San Antonio de Murillos (540 m) ca. Rancho San Antonio.

A



B

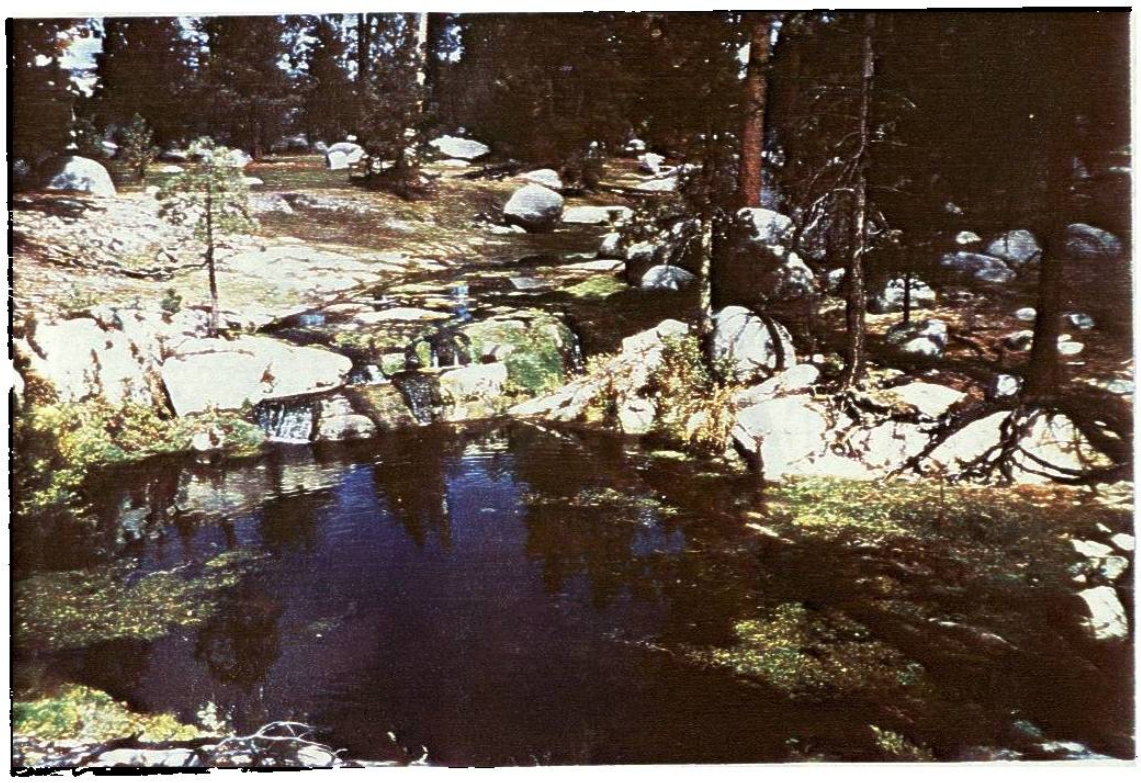
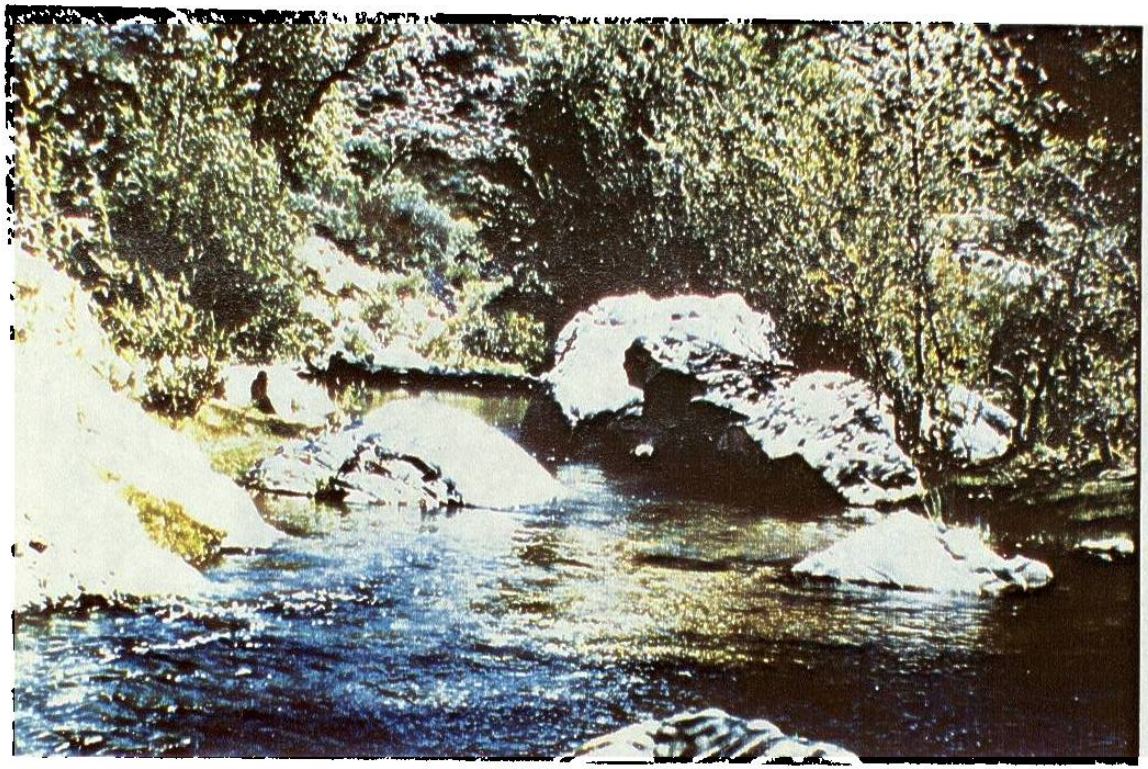


Lámina 2. (A) Arroyo El Potrero (950 m) ca. Rancho El Potrero, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México; (B) Arroyo La Grulla (2,030 m) en la localidad del mismo nombre.

A



B

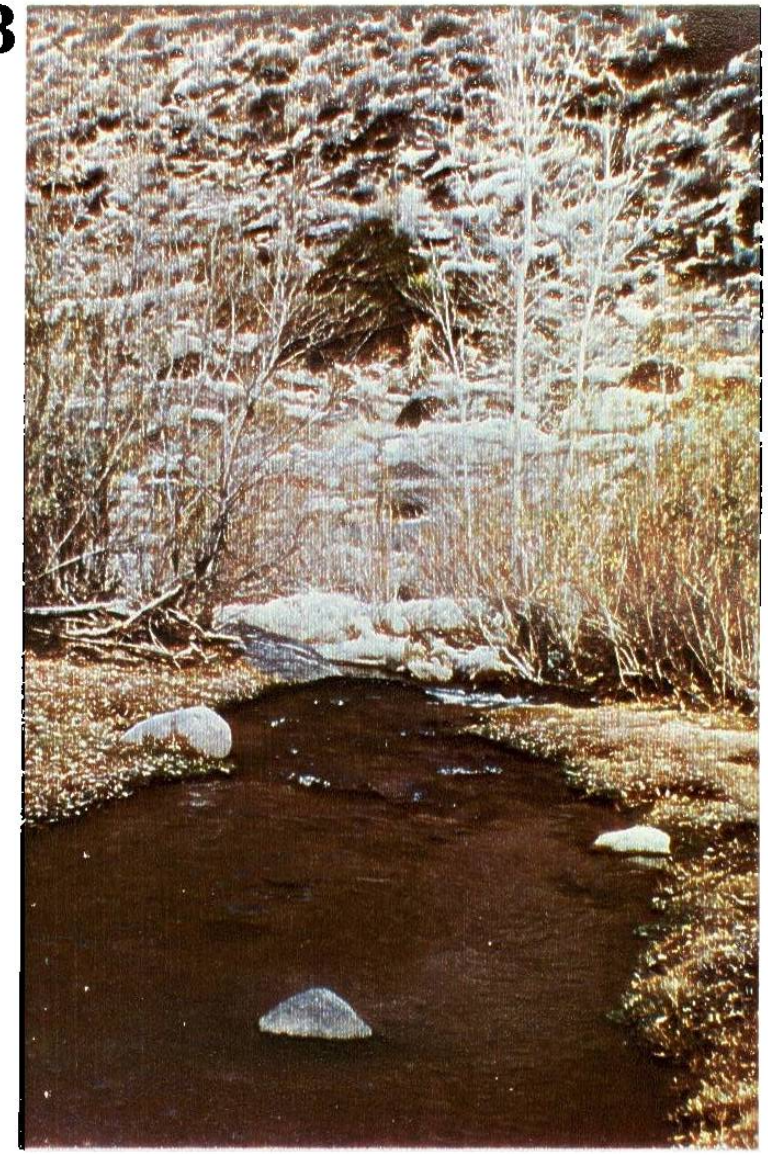
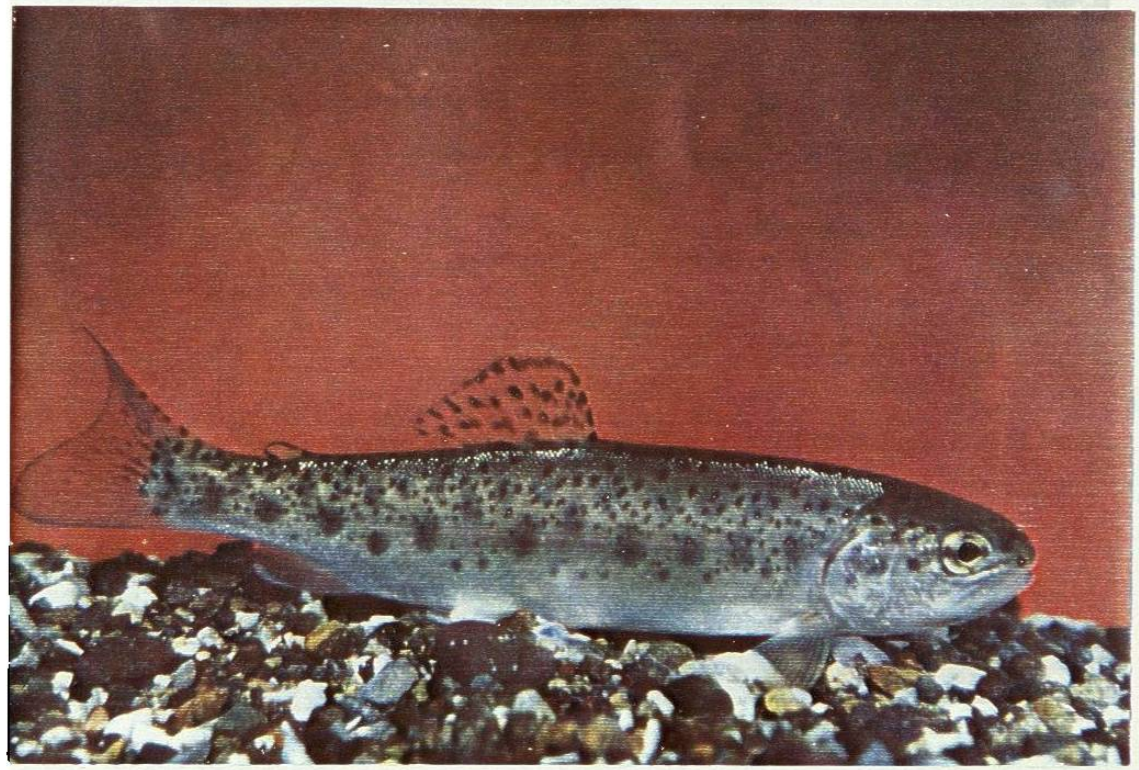


Lámina 3. (A) Arroyo San Rafael (1,219 m) ca. Rancho Mike's Sky, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México; (B) Arroyo San Rafael (1,350 m) en el Rancho Garet.

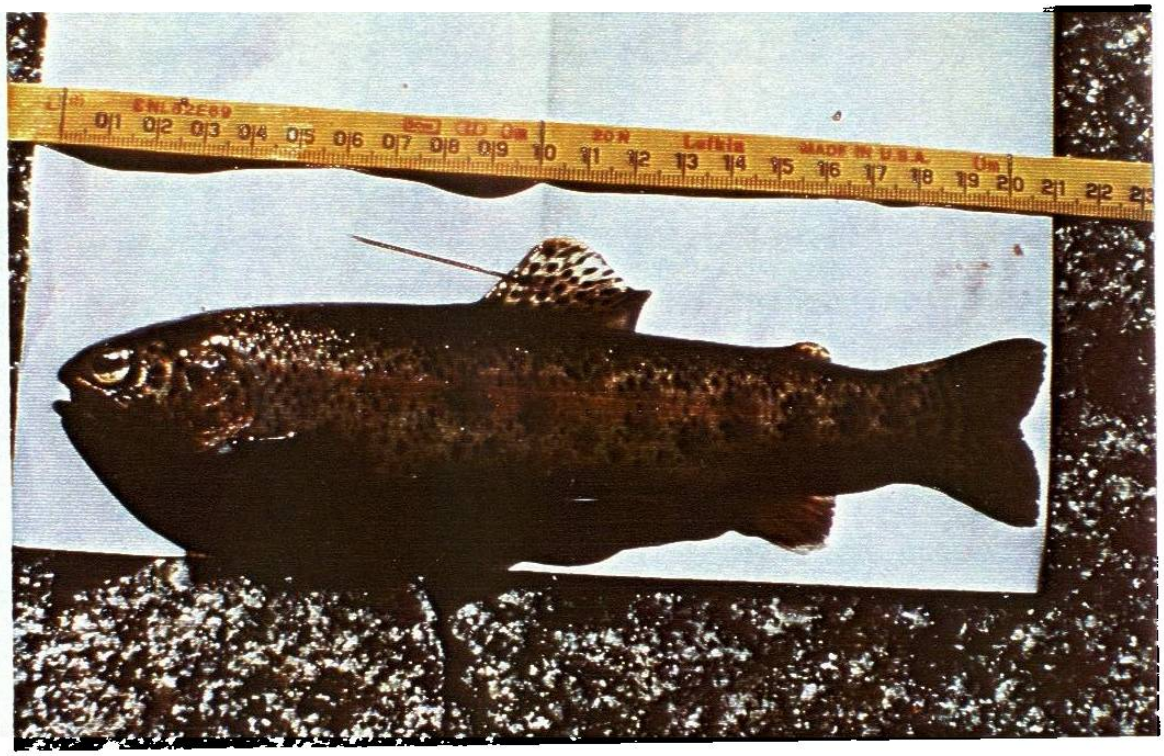
A



B

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

A



B

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

2. CRECIMIENTO SOMATICO Y RELACIONES BIOMETRICAS

2.1. Crecimiento en Peso

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

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

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

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

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

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

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

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

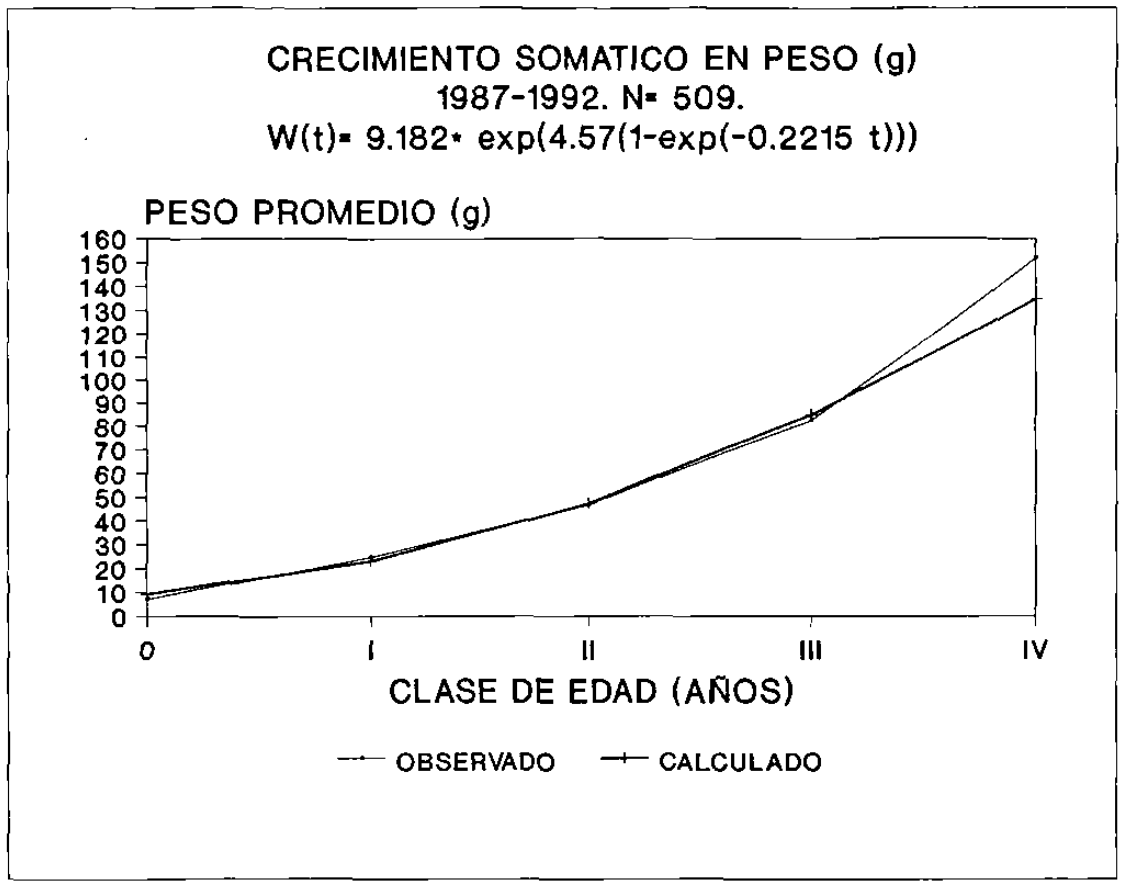


Figura 4. Crecimiento somático en peso por clase de edad de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a enero 1992).

2.2 Crecimiento en Longitud

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

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

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

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

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

2.3 Relación Peso-Longitud

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

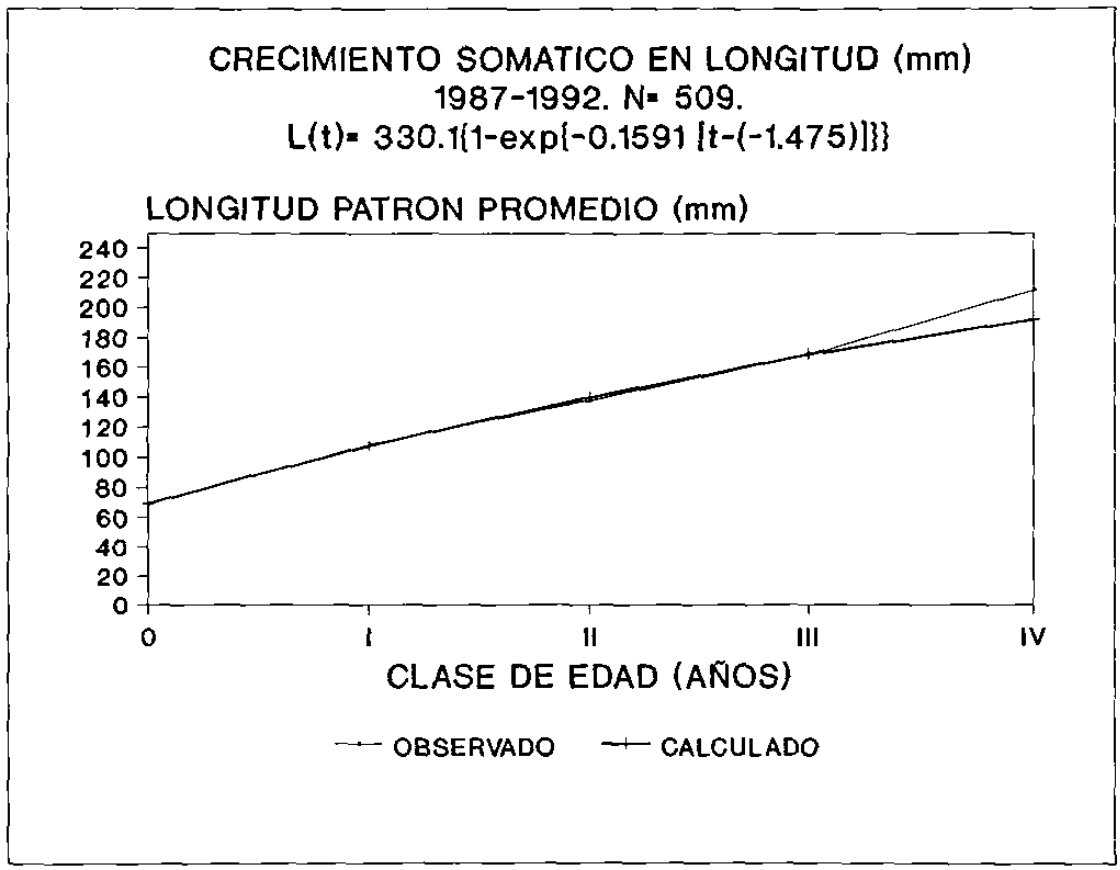


Figura 5. Crecimiento somático en longitud por clase de edad de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a enero 1992).

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

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

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

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

2.4. Factor de Condición (K)

Población Arroyo San Rafael

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

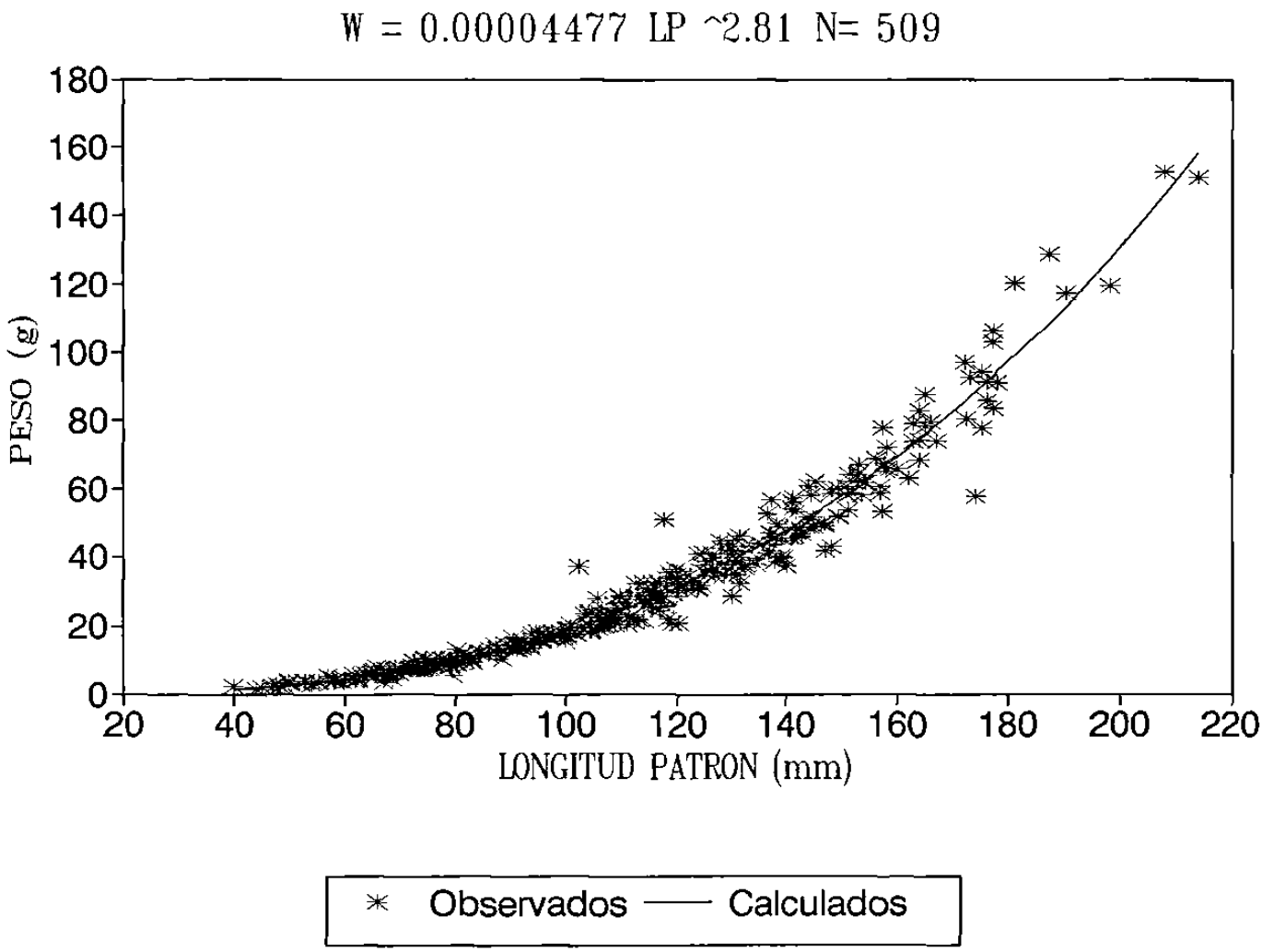


Figura 6. Relación peso-longitud de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a enero 1992).

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

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

Población Arroyo La Grulla

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

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

2.5 Factor de Condición Relativo (Kn)

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

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

Población Arroyo San Rafael

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

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

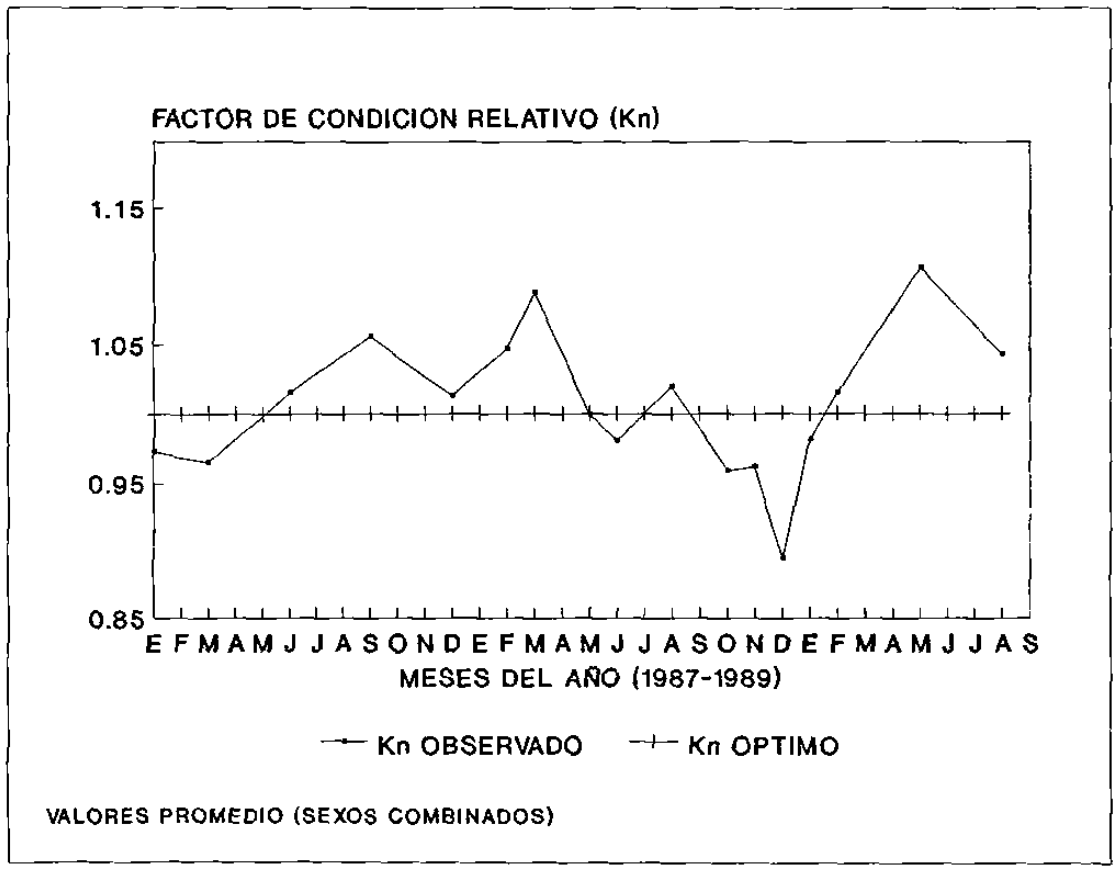


Figura 7. Factor de condición relativo (Kn) de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a agosto 1989).

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

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

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

Población Arroyo La Grulla

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

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

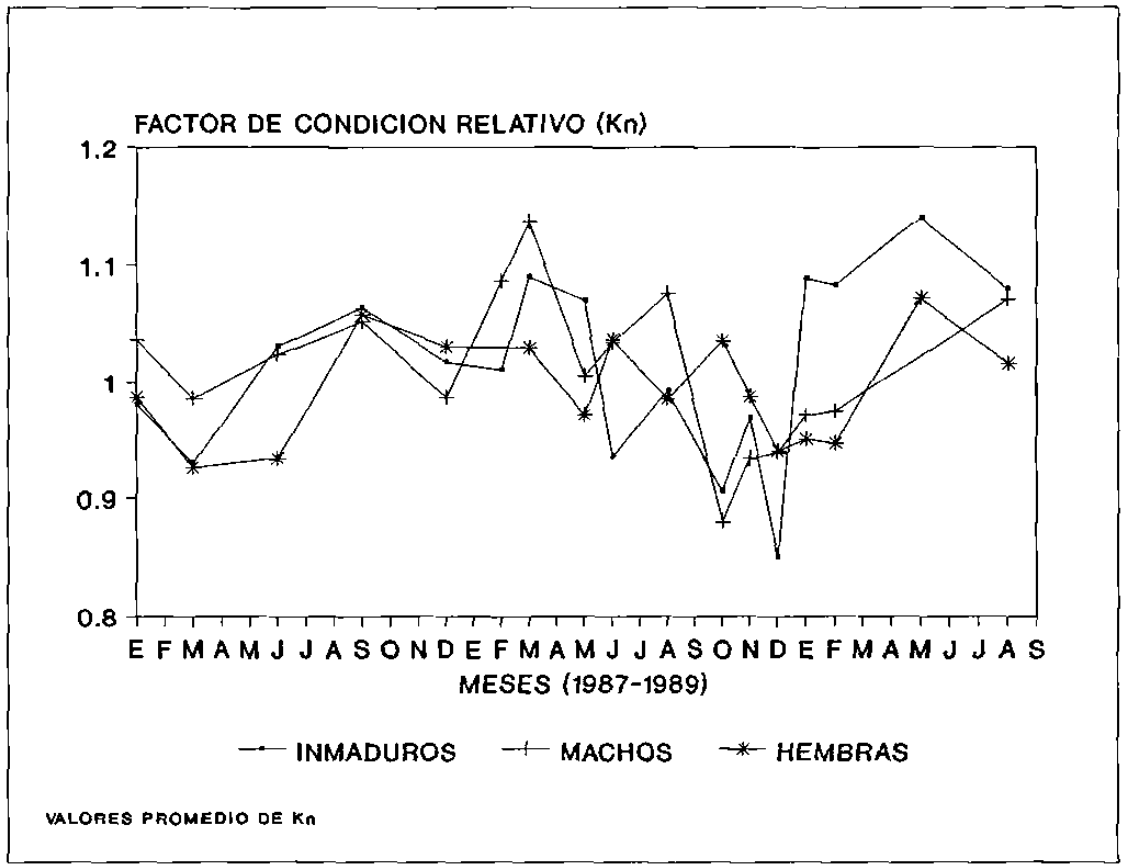


Figura 8. Factor de condición relativo (Kn) entre sexos de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, del Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (enero 1987 a agosto 1989).

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

3. ESTRUCTURA POBLACIONAL

3.1 Composición Poblacional por Talla

Población Arroyo San Rafael

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

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

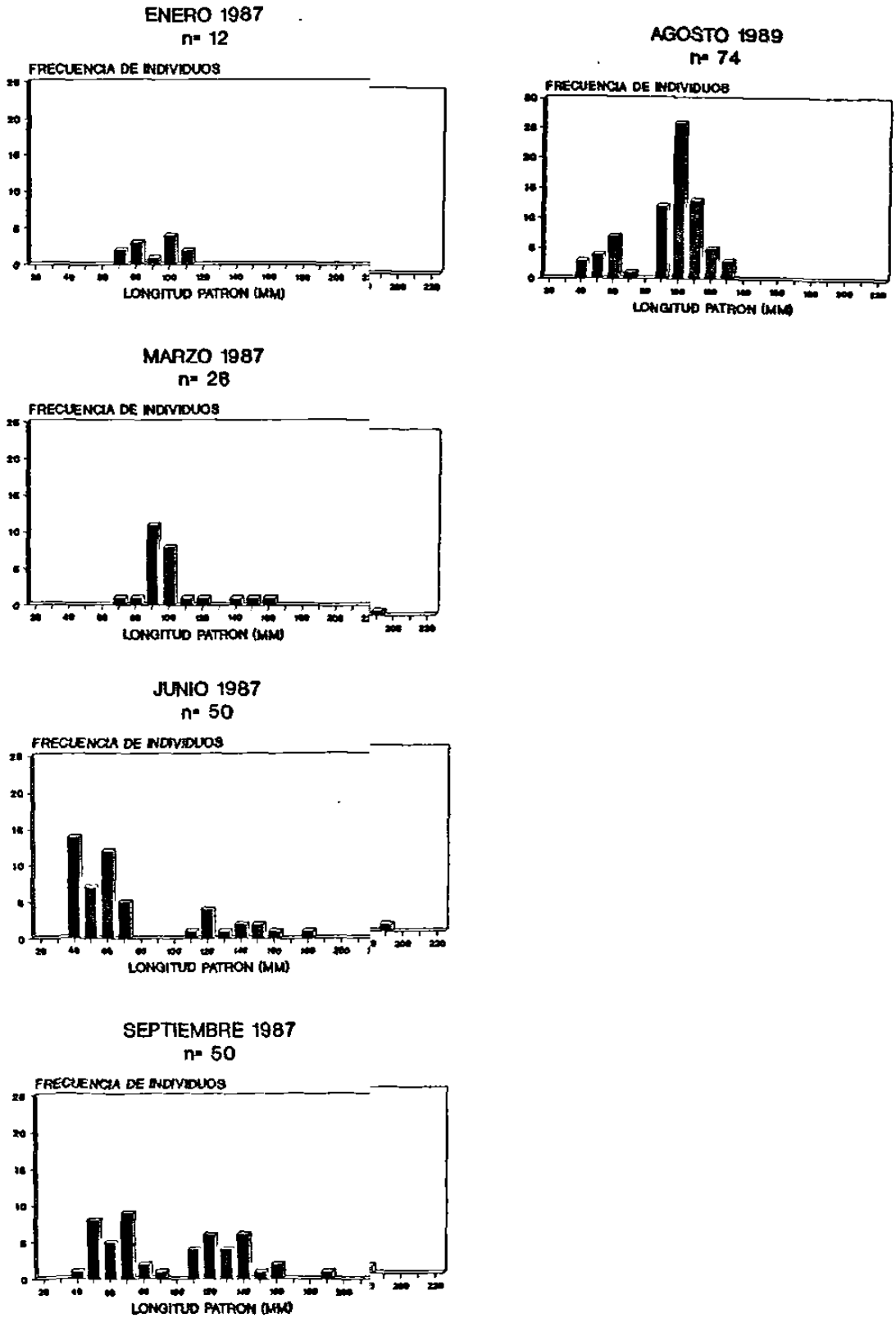


Figura 9. Composición
trucha arcoi
Arroyo San R
California,

Población Arroyo La Grulla

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

Población del Arroyo San Antonio de Murillos

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

Población del Arroyo El Potrero

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

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

3.2 Composición Poblacional por Edad

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

Población Arroyo San Rafael

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

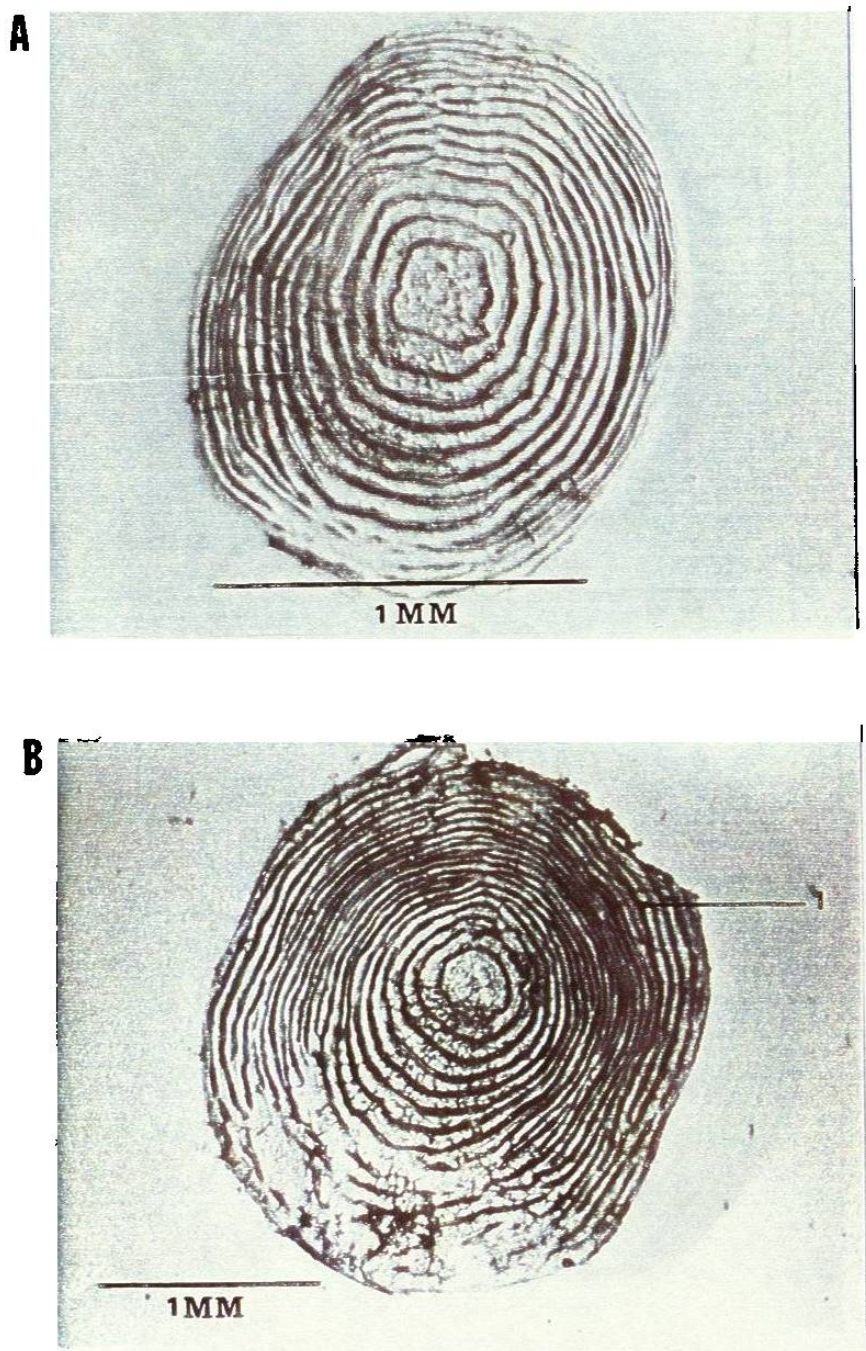


Lámina 6. (A) Escama de una trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) de edad cero o juvenil-del-año; (B) Escama de una trucha arcoiris de edad I.

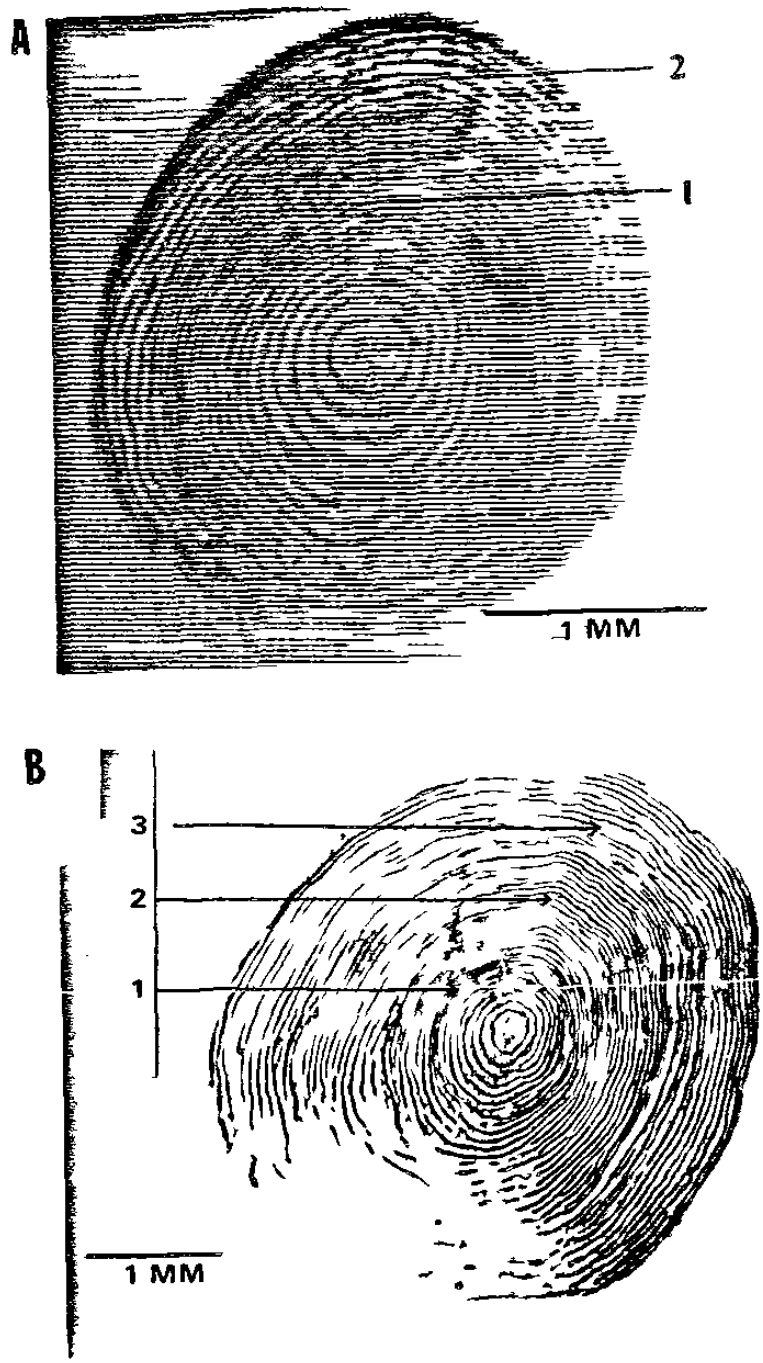


Lámina 7 (A) Escama de una trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) de edad II; (B) Escama de una trucha arcoiris de edad III

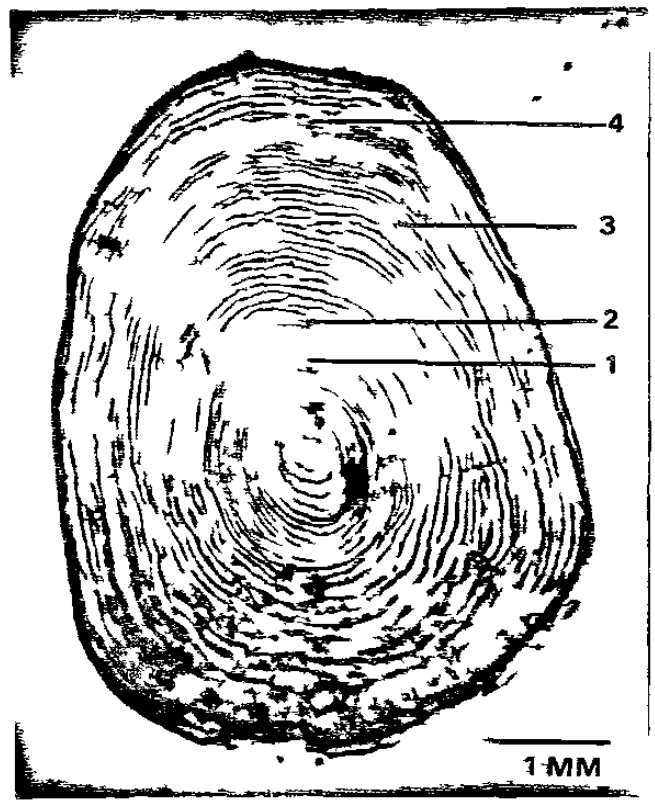


Lámina 8 Escama de una trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) de edad IV

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

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

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

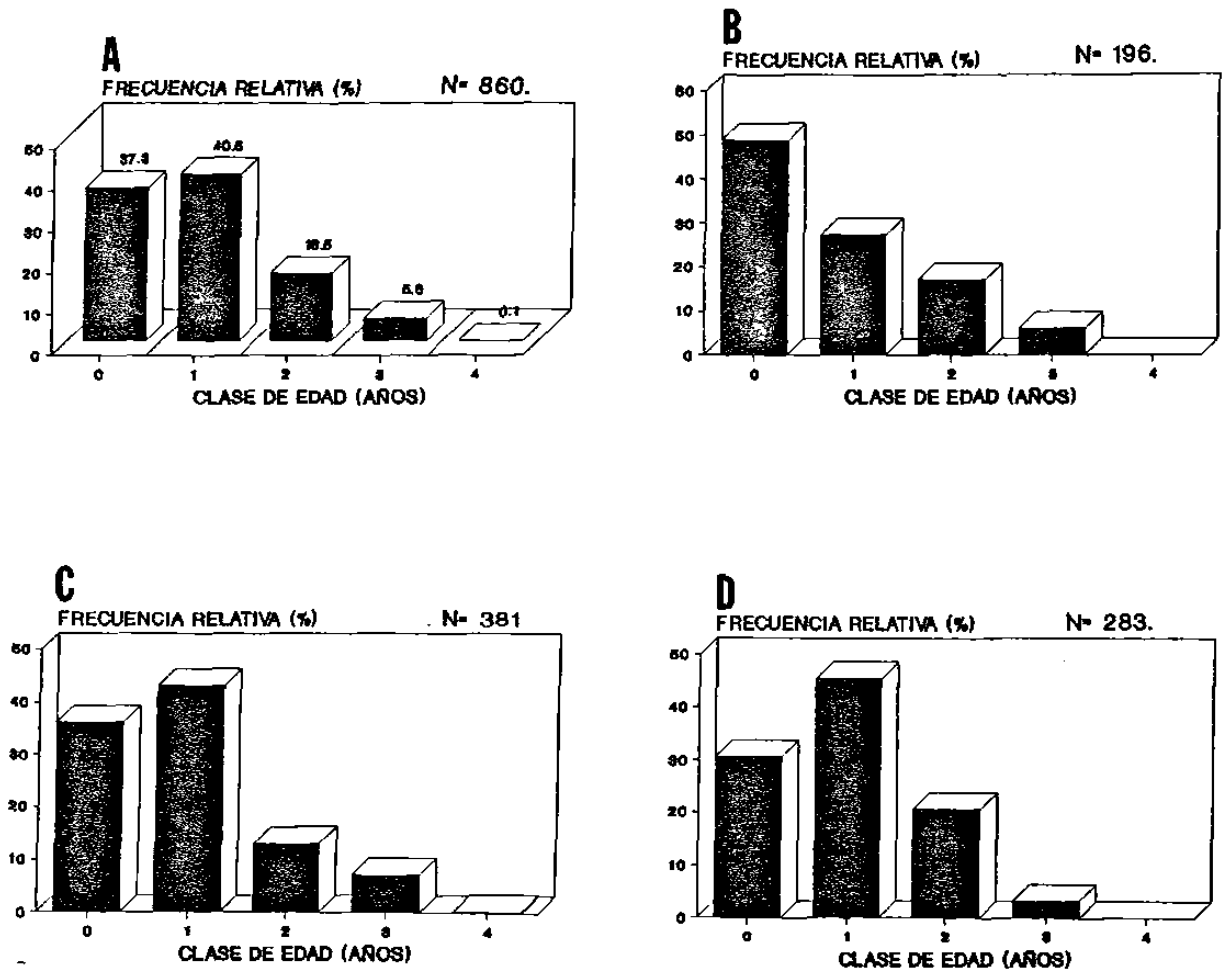
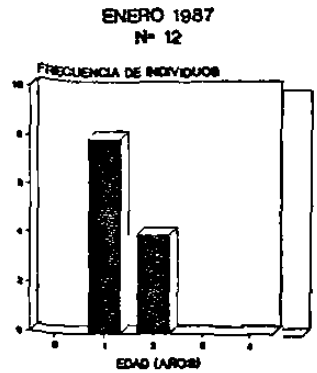
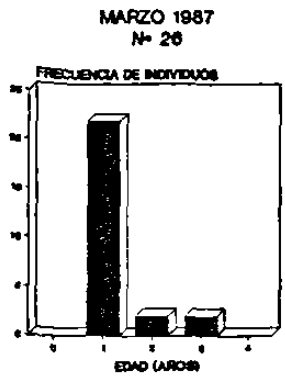
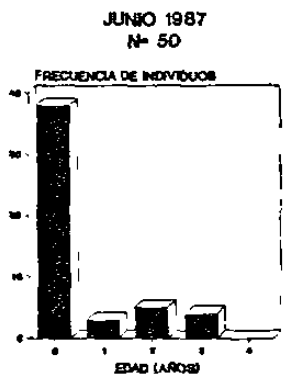


Figura 10. Composición poblacional por clase de edad de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss nelsoni*, en el Arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. A) Composición global (enero 1987 a agosto 1989), B) Composición anual para 1987, C) Composición anual para 1988, y D)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







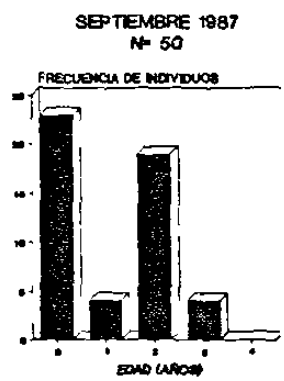


Figura 11. Comp
trucha
fecha
Pedro
agost