

70
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE CIENCIAS

**ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LA
TRUCHA ARCOIRIS Oncorhynchus mykiss (Walbaum,
1792) EN LA PISCIFACTORIA APULCO, PUEBLA,
DURANTE LOS AÑOS DE 1985 a 1988**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A :
ARMANDO GARCIA ORTEGA

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

RESUMEN

I.	INTRODUCCION	1
1.1.	Antecedentes del cultivo de la trucha arcoiris en México	1
1.2.	Análisis del crecimiento de <i>Oncorhynchus mykiss</i> ..	3
1.3.	Justificación del trabajo	5
II.	OBJETIVOS	7
III.	ANTECEDENTES	8
3.1.	Taxonomía y Biología de la trucha arcoiris	8
3.1.1.	Posición taxonómica	8
3.1.2.	Biología de la especie	9
3.2.	Situación actual de la Truticultura en México ...	10
3.2.1.	Granjas de trucha en México	10
3.2.2.	Número de granjas y localización	10
3.2.3.	Instalaciones para el cultivo	11
3.2.4.	Producción de trucha en México	13
3.2.5.	Producción mundial de trucha	14
IV.	AREA DE ESTUDIO	17
4.1.	Ubicación geográfica	17
4.2.	Clima y vegetación	17
4.3.	Descripción del embalse	17
4.4.	Descripción de las instalaciones	19
V.	MATERIAL Y METODOS	21
5.1.	Determinación de los datos morfométricos y sexado de los organismos	21
5.2.	Número total de organismos muestreados en la población	22
5.3.	Alimentación	23

5.4. Análisis de la calidad de agua	23
5.5. Procesamiento de datos	23
5.6. Análisis del crecimiento poblacional	24
VI. RESULTADOS	26
6.1. Tablas de LT observadas y calculadas, y P calculado; gráficas de distribución de frecuencias; y gráficas de relación P-LT	28
6.2. Interpretación de los resultados	59
6.3. Ejercicio Económico	64
VII. DISCUSION	68
7.1. Trabajos anteriores sobre crecimiento de trucha arcoiris	68
7.2. Comparación con otros resultados de crecimiento .	69
VIII. CONCLUSIONES	72
En base a los objetivos planteados se indican los logros del presente trabajo	72
IX. RECOMENDACIONES	74
X. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	75
APENDICE 1	79
Cambio de nombre científico de la trucha arcoiris.	
APENDICE 2	80
Programa en Basic para calcular la LT por medio de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy .	

RESUMEN

Con el propósito de conocer la estructura poblacional y calcular el crecimiento de la trucha arcoiris en la Piscifactoría Apulco, en el estado de Puebla, se analizaron registros de longitud total (LT), peso (P), sexo (SEXO) y edad obtenidos durante los años de 1985 a 1988. Se trabajó con un total de 11,695 registros de igual número de organismos de los cuales la LT mínima registrada fue de 60 mm y la máxima de 680 mm; el registro de P mínimo fue de 4 g y el máximo de 3,280 g. Se realizó un primer análisis tanto para hembras como para los machos y la población en conjunto con los registros mensuales de 1985 (de agosto a noviembre), interpretando gráficas de distribución de frecuencias de LT y P. Se obtuvieron LT calculadas en el tiempo de acuerdo a la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy mediante el método de Holt. La relación P-LT en forma logarítmica se utilizó para calcular el P a determinada longitud. De la misma manera fue el análisis por años de 1985 a 1988.

Los resultados indican que en tres meses de agosto a noviembre de 1985, los organismos de 12 meses de edad tuvieron un crecimiento de 96.38 mm y 324.46 g en longitud y peso promedio respectivamente; para truchas de 36 meses el crecimiento fue de 65.65 mm y 467.54 g; y para las de 48 meses de 66.11 mm y 752.45 g considerando la población en conjunto. En el análisis anual se obtuvo un crecimiento en cuatro años de 1985 a 1988 de 107.93 mm y 573.47 g para los de 12 meses; 76.57 mm y 725.66 g para los de 36 meses; y de 62.48 mm y 797.71 g en los de 48 meses para la población en conjunto.

La Piscifactoría Apulco puede ser rentable para el funcionamiento como piscifactoría de ciclo completo si se mejoran las condiciones de cultivo y de administración, comercializando adecuadamente su producción. El valor de la producción de crías de trucha puede alcanzar los \$ 31,409.37 US y de huevos de trucha \$ 12,113.53 US en un ciclo.

I. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes del cultivo de la trucha arcoiris en México.

El cultivo de peces ha sido realizado por el hombre desde hace 3000 años, siendo en China el primer registro que se tiene de esta actividad. Gracias al desarrollo de la fecundación artificial, el cultivo de la trucha arcoiris se inició en el siglo XIX.

La trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* anteriormente *Salmo gairdneri* (Apéndice I) tiene su origen en América del Norte y su distribución natural se localiza en la costa oeste de América del Norte, desde Alaska hasta México. Figura 1.

En México su distribución natural abarca partes de los estados de Baja California, Chihuahua, Durango y Sonora (MacCrimmon, 1971).

La introducción de la especie para cultivo en nuestro país se realizó en el siglo XIX. De acuerdo con Obregón (en MacCrimmon, 1971) en 1839 el Vivero Nacional de Chimeleapán, Estado de México, ya contaba con trucha arcoiris. Alvarez et al. (en MacCrimmon, 1971) relatan que en 1883, la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio, comisionó a La Motte para establecer un Vivero Nacional, por lo que debía trasladarse a los Estados Unidos de América para documentarse en dicha tarea y adquirir 500,000 huevos de trucha arcoiris. Por otro lado, Cházari (1884) sabe de la abundancia, rápido desarrollo y resistencia de la trucha de California en el río Mc Cloud y recomienda ampliamente la introducción de esta trucha para su cultivo en aguas mexicanas. Dice que de su fecundación con la trucha del

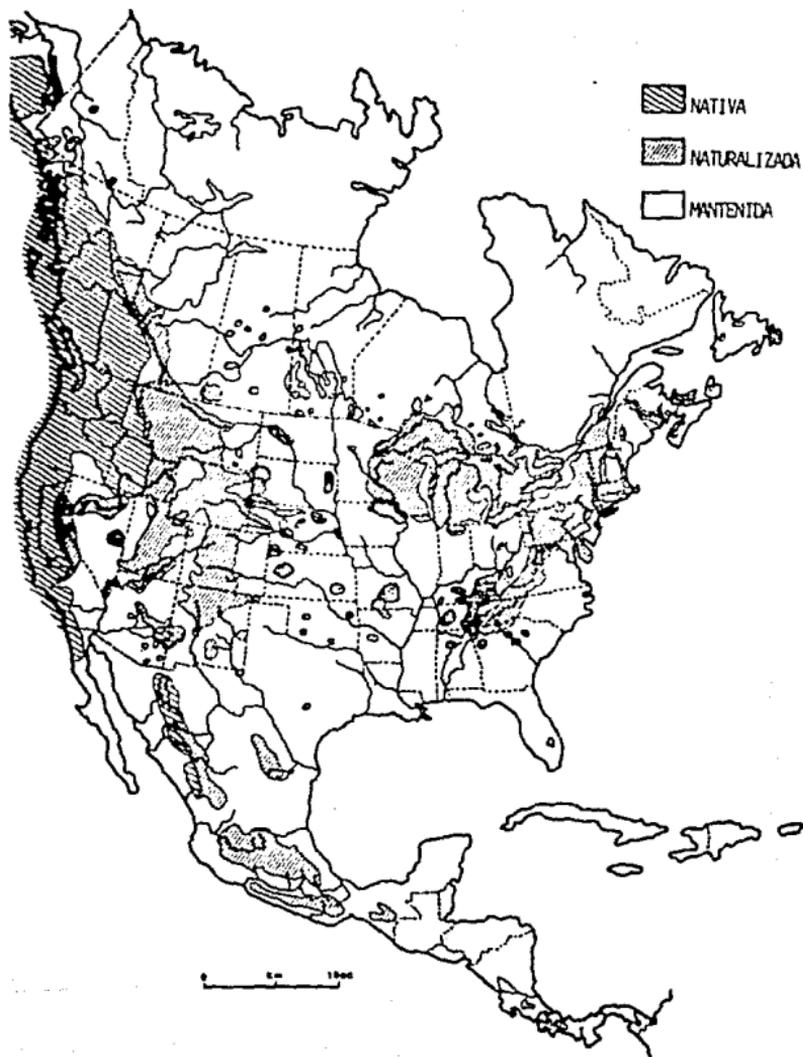


Figura 1. Distribución de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* en Norteamérica. (tomado de MacCrimmon, 1971)

Atlántico se obtendrán variedades perfectamente adaptables a un cultivo artificial, con buenas ventajas económicas.

Esta primera introducción se realizó en 1888, cuando el gobierno mexicano recibió 30,000 huevos de esta especie; posteriormente se recibieron 10,000 huevos más y 25,000 huevos adicionales en 1891 (MacCrimmon, 1971). En los años 30's, la trucha fué distribuida en varias partes de la República Mexicana sin que se tuviera un registro de ello. En 1937 se estableció la Estación Trutícola de Almoloya del Río, aquí se recibieron grandes cantidades de trucha para su reproducción y propagación, y ésta se diseminó en varias partes del interior de la República. Al construirse en 1943 el Centro trutícola El Zarco en el D.F. y en años posteriores la construcción de más centros de éste tipo, las actividades de reproducción y propagación de la trucha arcoiris han sido continuas. Sin embargo, en México la producción de huevo y de crías no es suficiente para abastecer la demanda existente; por lo que se tienen que importar grandes cantidades de huevo de Dinamarca, Australia y los Estados Unidos de América principalmente (Velázquez y Espinosa, 1989).

1.2. Análisis del crecimiento de *Oncorhynchus mykiss*.

El análisis de la dinámica poblacional en peces se originó al estudiar especies de aguas templadas como el salmón. El acercamiento tradicional a la evaluación de las poblaciones de peces es coleccionar datos de edad, estimar la mortalidad y las tasas de crecimiento, y con esto calcular la producción esperada bajo diferentes patrones de pesca (Gulland, 1983). En los casos en que no se puede determinar la edad, otro tipo de acercamiento es necesario. Weatherley y Gill (1987) dicen que el crecimiento es medido más directamente utilizando peces de edad bien conocida o parcialmente conocida. Sin embargo, los procedimientos indirectos

tos son usualmente más empleados para estimar el cambio en longitud o en masa. Por eso los análisis de frecuencia-longitud que no dependen de la evaluación individual de la edad pueden utilizarse para estimar las tasas promedio de crecimiento (método de Petersen).

En principio, el uso directo de datos de longitud en forma análoga a los de edad permite tener un método de proceder cuando no es posible decir la edad individual de los peces. Ya que el método tiende a ser laborioso en parte por la no linealidad de la escala de tiempo, se han desarrollado programas en diferentes sistemas de cómputo que ayudan en algunos de los análisis necesarios. Se han elaborado múltiples programas pero ninguno que pueda recomendarse para una práctica estandar (Gulland, 1983). En la práctica, el mejor procedimiento es analizar los datos de longitud por métodos gráficos simples e intentar ajustar curvas de crecimiento por métodos matemáticos.

Para análisis de poblaciones es deseable expresar el crecimiento de una forma matemática. El requisito básico es una expresión que diga la talla, en términos de longitud o de peso, en cualquier edad y que esté de acuerdo con los datos observados (de talla y edad), además de que esté en una forma matemática que pueda ser incorporada fácilmente en expresiones para la producción (Gulland, op.cit.) Estrictamente, la mayoría de los análisis de poblaciones se relacionan más directamente con tasa de crecimiento, es decir, el incremento en peso o longitud por unidad de tiempo, que con la talla en varias edades.

Existe un número considerable de ecuaciones de crecimiento, ninguna de las cuales parece ser enteramente satisfactoria para todas las situaciones. La ecuación descrita por Von Bertalanffy en 1938 satisface dos de los criterios más importantes en el análisis de poblaciones: se ajusta a la mayor parte de los datos

observados de crecimiento en peces, y puede incorporarse a los modelos de evaluación de poblaciones (Gulland, op.cit.). Además los parámetros en esta ecuación tienen un significado biológico. Es por eso que es la ecuación más utilizada y en la que este trabajo basa su análisis.

Beverton y Holt (1965) consideran que la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy da una representación satisfactoria del crecimiento en peces, ya que está basada en conceptos fisiológicos y puede ser utilizada para investigar problemas tales como la variación del crecimiento respecto a la alimentación, además de que no se presentan obstáculos matemáticos en su incorporación en modelos teóricos de poblaciones.

3.3. Justificación del trabajo.

En esta época en que de mayores fuentes de alimentación son requeridas por la población, la Acuicultura pasa de ser una opción prometedora a ser una opción necesaria que requiere de mayor atención y recursos. El cultivo de trucha aunque no es una tradición como en otros países, en México puede ser explotado con positivas ventajas económicas y sociales. Es por eso que es necesario incrementar los recursos destinados al desarrollo de infraestructura y tecnología adecuada a las condiciones de nuestras regiones. Además de que se requiere tener mayor información sobre los aspectos biológicos relacionados con su cultivo, como son el crecimiento bajo diferentes condiciones, las enfermedades y la reproducción. Ahora que el cultivo de trucha va en incremento se debe reglamentar y asesorar adecuadamente a los truchicultores de manera que los posibles fracasos por falta de buena asesoría sean en su lugar acciones productivas que impulsen el desarrollo regional.

Debido a que en la Piscifactoria Apulco y en general en el país se han realizado pocos análisis sobre el crecimiento de la trucha arcoiris en estanques, el presente trabajo contribuirá a conocer el crecimiento que puede alcanzar la trucha en Apulco y en instalaciones similares con características semejantes, además de que se pretende llamar la atención sobre el potencial del cultivo en el área y en otras zonas del país.

II. OBJETIVOS

- 2.1. Analizar la estructura poblacional de la trucha arcoiris respecto a su longitud, peso y crecimiento en la Piscifactoría Apulco, Puebla.
- 2.2. Calcular el crecimiento en longitud y en peso de la población cultivada de truchas, construyendo curvas de crecimiento de acuerdo a los datos obtenidos de Longitud Total y Peso.
- 2.3. Conocer la situación actual de la Truticultura en México.
- 2.4. De acuerdo con un ejercicio económico, estimar el valor de la producción potencial que tiene la Piscifactoría Apulco, en el estado de Puebla.

III. ANTECEDENTES

3.1. Taxonomía y Biología de la trucha arcoiris.

3.1.1. Posición taxonómica.

La trucha arcoiris pertenece a la familia Salmonidae, que está incluida dentro del orden Isospondyli. Como el nombre lo indica, todos los peces que pertenecen a éste orden tienen las vértebras más o menos iguales en longitud. También tienen la vejiga natatoria conectada al esófago por medio de un ducto, llamado ducto neumático, y las aletas pélvicas están situadas posteriormente en el abdomen. Este orden contiene a varias familias, de las cuales la familia Salmonidae puede ser distinguida por la presencia de una gruesa y pequeña aleta adiposa en la parte posterior del dorso, entre la aleta dorsal y la aleta caudal (Stevenson, 1987). Figura 2.

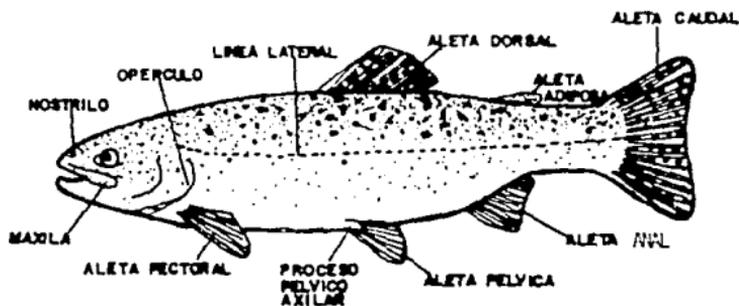


Figura 2. Diagrama que muestra las partes externas de la trucha. Las aletas pectorales y pélvicas son aletas pares.

3.1.2. Biología de la especie.

Una de las principales características de los peces y en especial de los salmónidos es su inherente flexibilidad biológica o capacidad para soportar distintos ambientes. Es por eso que en los reportes sobre su reproducción y crecimiento se encuentran datos variados.

De acuerdo con Laird y Needham (1988), la trucha arcoiris silvestre típicamente desova en primavera, aunque Stevenson (1987) dice que hay desoves tempranos y tardíos, los desoves tempranos ocurren en otoño y a principios del invierno, y los desoves tardíos ocurren desde fines del invierno hasta la primavera. Las hembras pueden producir de 2,000 a 12,000 huevos, los cuales pueden tener un diámetro de 3 a 5 mm y que eclosionan después de 4 a 7 semanas de incubación. Los huevos pueden desarrollarse exitosamente en temperaturas entre los 0.3° y 12.8°C (Laird y Needham, 1988), teniendo como temperaturas óptimas de 8° a 12° C (Stevenson, 1987). La velocidad de desarrollo de los huevos depende en gran manera de la temperatura del agua. Las temperaturas óptimas para el crecimiento de los juveniles y adultos se encuentran entre 12° y 20° C .

Algunos machos pueden madurar en un año de edad; en contraste con las hembras de crecimiento lento, a las que les puede tomar 6 años para alcanzar su madurez sexual (Laird y Needham, 1988). En truchas cultivadas, la edad más usual para hacerlas desovar es de dos años. Se ha reportado que las hembras maduran en 22 meses y la mayoría de los piscicultores las hacen desovar a los 2 años, aunque los huevos de éstas hembras no son tan grandes como aquéllos de las de 3 años de edad (Stevenson, 1987).

La trucha arcoiris puede alcanzar los 20 kg de peso. Algunas truchas tienen hábitos migratorios, dejan las aguas dulces para

ir en busca de aguas costeras y estuarios, regresando en menos de un año para desovar, otras en etapa juvenil realizan migraciones extensivas en los océanos (Laird y Needham, 1988).

Debido a su tolerancia a altas temperaturas relativas (18°-20°C), a sus relativamente bajos requerimientos de oxígeno (de 7 ppm en adelante) y a su rápida tasa de crecimiento, la trucha arcoiris una especie muy apreciada para su cultivo en agua dulce. Además de que su carne presenta un agradable sabor y la proporción de ésta respecto al total del peso es alta.

3.2. Situación actual de la Truticultura en México.

3.2.1. Granjas de trucha en México.

Los sitios donde se establecen las granjas de trucha presentan corrientes de aguas frías, se localizan en zonas de altitudes mayores a los 1900 metros s.n.m., donde predominan las áreas montañosas con bosques de cedros, encinos, pinos, fresnos y oyameles.

Las granjas utilizan agua de manantial o la que proviene de arroyos y ríos. También se utilizan lagunas y presas para el cultivo por medio de jaulas.

3.2.2. Número de granjas y localización.

De acuerdo con Velázquez y Espinosa (1987), actualmente se encuentran operando en el país, 167 unidades de producción de trucha arcoiris. De las cuales 131 corresponden al sector social y 36 son del sector privado; se debe mencionar que para ambos sectores el cultivo es reciente. Tabla 1.

TABLA 1

Unidades de Producción de Carne de Trucha Arcoiris en México

Estado	Sector Social	Sector Privado	Total
Chihuahua	10	27	37
Durango	5		5
Guanajuato	-	1	1
Hidalgo	6	1	7
México	38	5	43
Michoacán	23	1	24
Oaxaca	20	-	20
Puebla	10	2	12
Veracruz	19	-	19
Total	131	36	167

Fuente: Velázquez y Espinosa, 1987.

3.2.3. Instalaciones para el cultivo.

El cultivo de trucha arcoiris se realiza de tres formas diferentes: en estanques rústicos, en canales de corriente rápida (raceways) y en jaulas flotantes. Tabla 2.

Del total corresponde un porcentaje de 83.2% a estanques rústicos, un 10.8% de canales de corriente rápida y un 6% de jaulas flotantes.

Existen 6 centros acuícolas de la Secretaría de Pesca que producen crías que son donadas para la producción del sector social. En total estos centros han incrementado el número de crías producidas cada año. Adicionalmente la iniciativa privada (que anteriormente había recurrido a la importación de huevo para

satisfacer sus necesidades) cuenta con lotes de reproductores y paulatinamente ha alcanzado la autosuficiencia en materia de crías. Esto ha permitido reducir en gran parte la dependencia de importación de huevo de otros países.

TABLA 2

Unidades de Producción de Trucha Arcoiris por Tipo de Instalaciones

Estado	Estanquería		Canales de Corriente		Total
	Rústica	Jaulas	Rápida		
Chihuahua	35	1	1		37
Durango	2	3	-		5
Guanajuato	-	1	-		1
Hidalgo	2	1	3		6
México	36	-	7		43
Michoacán	18	1	5		24
Oaxaca	20	-	-		20
Puebla	8	3	1		12
Veracruz	18	-	1		19
Total	139	10	18		167

Fuente: Leizaola y Espinosa, 1981.

El máximo rendimiento logrado por tipo de instalación es más alto en los estanques de corriente rápida (raceways) registrándose 69.44 Kg/m²; para las jaulas flotantes es de 20 a 25 Kg/m²; y en estanquería rústica 8.54 Kg/m².

3.2.4. Producción de trucha en México.

Debido a que se han incorporado nuevos productores al cultivo, la producción de trucha muestra un crecimiento sostenido respecto a años anteriores, además de que ahora se cuenta con mayor conocimiento y nuevas bases técnicas y tecnológicas.

La producción total del país se incrementó de 97 ton. registradas en 1983 a 464 ton. en 1987. Tabla 3.

TABLA 3

Producción de Trucha Arcoiris Cultivada 1983-1988
(Toneladas en peso vivo)

Estado	A Ñ O					Produc
	1983	1984	1985	1986	1987	esper.
			1988			1988
Chihuahua	7	10	12	29	32	60
Durango	-	-	-	5	10	12.5
Guanajuato	-	-	-	-	-	7
Hidalgo	1	4	21	26	36	49
México	84	103	163	188	234	395
Michoacán	1.5	4	13	15	15	40
Oaxaca	-	-	-	4	6	6
Puebla	2.5	5	35	60	105	100
Veracruz	1	26	25	20	26	83
Total	97	152	269	347	464	758.5

Fuentes: Velázquez y Espinosa, 1987.

Para 1988 se esperaba obtener un aumento en la producción de aproximadamente 300 ton. con respecto a 1987.

El Estado de México se sitúa como el principal productor de carne de trucha aportando el 52% del total, Puebla es el segundo estado en importancia con el 13% de la producción nacional. La iniciativa privada participa con el 46.24% de la producción, es decir, con 348 ton. Del total anterior, los estados de México y Puebla aportan el 85% con 295 ton., en tan sólo 8 unidades de producción de 167 existentes (Velázquez y Espinosa, 1989).

3.2.5. Producción mundial de trucha.

La tabla 4 muestra la producción mundial de trucha arcoiris cultivada en 1987 según Muir y Roberts (1988).

La región con mayor producción es Europa donde Francia, Italia y Dinamarca se ubican como los países con la más alta producción en el mundo, seguidos por los Estados Unidos y Japón.

Es importante hacer la aclaración que de acuerdo con datos de la Secretaría de Pesca (Velázquez y Espinosa, 1989) en México hubo una producción de 464 toneladas en 1987 y no 50 como se especifica en la tabla anterior. De cualquier forma, la diferencia entre nuestro país y los países europeos y los Estados Unidos es muy grande.

La producción de trucha ha mostrado un incremento paulatino en la mayor parte de los países que la cultivan, entre estos México.

TABLA 4

Producción Mundial de Fructa Arcoiris Cultivada en 1987
(Toneladas métricas)

6. Alemania	14,300	15. Hungría	400
20. Argentina	100	20. India	100
17. Australia	300	14. Irlanda	850
9. Austria	7,000	2. Italia	28,000
17. Bélgica	300	4. Japón	20,000
21. Bolivia	75	26. Luxemburgo	20
12. Bulgaria	2,000	24. México	50
19. Canadá	120	10. Noruega	5,500
25. Colombia	25	20. Pakistán	100
15. Checoslovaquia	500	25. Panamá	25
18. Chile	200	20. Perú	100
16. China	400	15. Portugal	500
23. Chipre	60	7. Reino Unido	12,000
3. Dinamarca	23,000	26. Sri Lanka	20
24. Ecuador	50	16. Sudáfrica	400
5. España	15,000	13. Suiza	1,000
4. Estados Unidos	20,000	20. Tasmania	100
8. Finlandia	11,000	7. URSS	12,000
1. Francia	29,000	17. Venezuela	300
11. Grecia	3,000	22. Yugoslavia	70
23. Holanda	60		

El consumo de trucha no es una costumbre arraigada en México a pesar de que esta tiene un alto valor nutritivo. Tabla 5.

TABLA 5

Composición nutricional de la Trucha Arcoiris.

Base: 100 g de muestra.

Energía	87.0	cal
Proteínas	18.2	g
Grasas	1.0	g
Calcio	12.0	mg
Fósforo	152.0	mg
Hierro	1.0	mg
Tiamina	0.05	mg
Rivoflavina	0.05	mg
Niacina	2.8	mg

Fuente: Instituto Nacional de la Nutrición, 1974.

IV. AREA DE ESTUDIO

4.1. Ubicación geográfica.

La Piscifactoría Apulco es un centro acuícola dependiente de la Secretaría de Pesca (SEPECSA). Se encuentra ubicado en la comunidad de Apulco, adyacente al río del mismo nombre, en el Municipio de Zacapoaxtla del estado de Puebla. En los 19°50' Latitud Norte y los 97°38' Longitud Oeste, a una altitud de 1590 metros sobre el nivel del mar. Figura 3.

4.2. Clima y vegetación.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988) el clima es C (W2) (W) (B1), lo que indica que pertenece al grupo de los climas templados dentro del subgrupo de climas semifríos. Por su grado de humedad se encuentra dentro del tipo subhúmedo con lluvias predominantes en verano. La precipitación anual es de 1,600 mm como promedio. La temperatura ambiental oscila entre 10° y 20°C con una media de 18°C. La vegetación característica de la zona son bosques de encinos y oyameles.

4.3. Descripción del Embalse.

El sistema hidrológico del área lo constituyen los manantiales de la región de La Gloria, el arroyo de La Gloria (Tenexateño), así mismo el río Apulco que junto con el río Zempoala son tributarios del río Tecolutla.

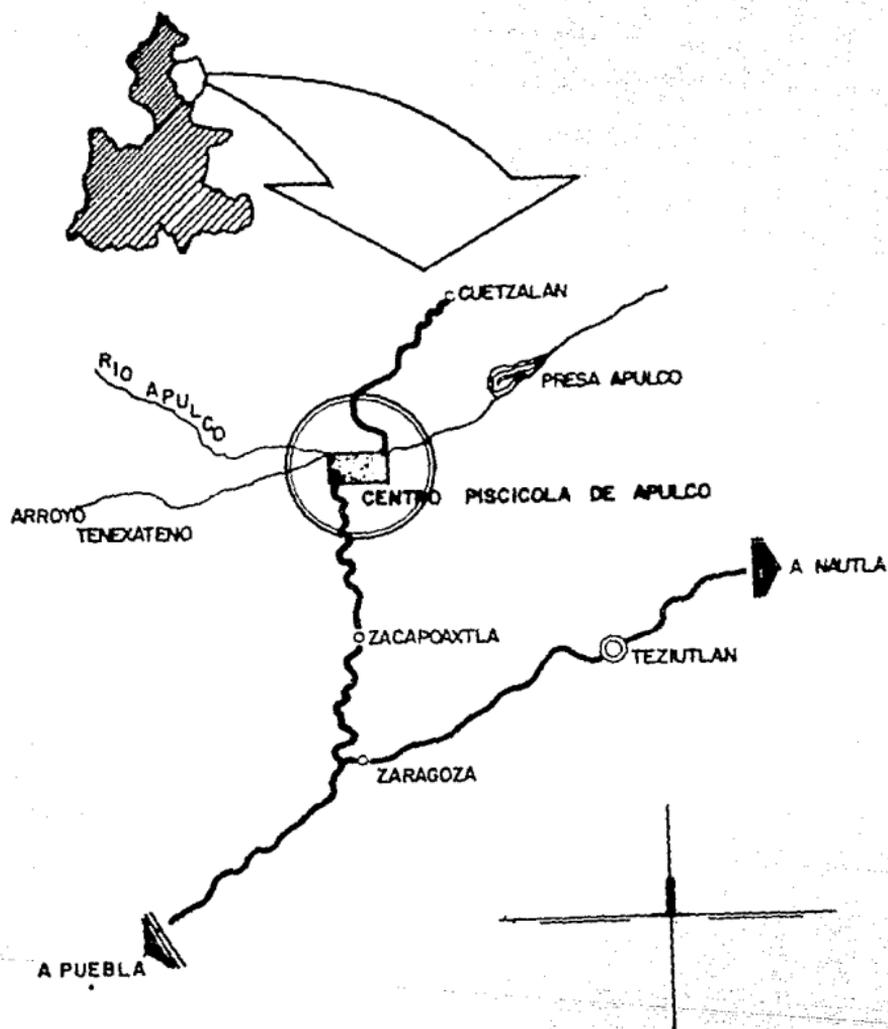


Figura 3. Mapa de localización de la Piscifactoría Apulco en el estado de Puebla, México.

4.4. Descripción de las instalaciones.

Son un conjunto de instalaciones civiles: casas, oficinas, bodegas, albergue, conducciones del agua, estanques de distintas formas y tamaños. Figura 4.

La tubería de conducción del agua es de lámina de fierro y tiene un diámetro de 18" y una longitud de 600 m. Existe un tanque de distribución que mide 14 x 14 x 1.70 m y recibe la totalidad del agua y la distribuye a las áreas de estanquería y la sala de incubación mediante tubería de asbesto de 8".

La sala de incubación cuenta con 10 incubadoras californianas de corriente vertical con 8 charolas cada una, cada charola permite la incubación de 10,000 huevos a la vez. También existen 24 canaletas de incubación rectangulares que miden 4 x 4 x 0.30 m, cada artefacto permite el manejo de 5,000 alevines hasta una talla de 20 mm. Además se encuentran 10 tinas de alevinaje redondas provistas de un sistema que permite una circulación tangencial, miden 1.40 m de diámetro por 1 m de altura, cada una permite el manejo de 5,000 alevines de 20 a 40 mm durante un mes.

Los estanques exteriores son de dos tipos: estanques de reproductores tipo raceways, de los cuales existen 12 unidades que se encuentran en 2 líneas de 6 estanques, cada uno mide 30 x 6 x 1.40 m; y los estanques de crías tipo raceways, que son 12 unidades que forman 4 líneas de 3 estanques cada una, las dimensiones de estos en de 3 x 12 x 0.50 m.

El personal con que cuenta la piscifactoría está compuesto por seis piscicultores, dos biólogos y un administrador.

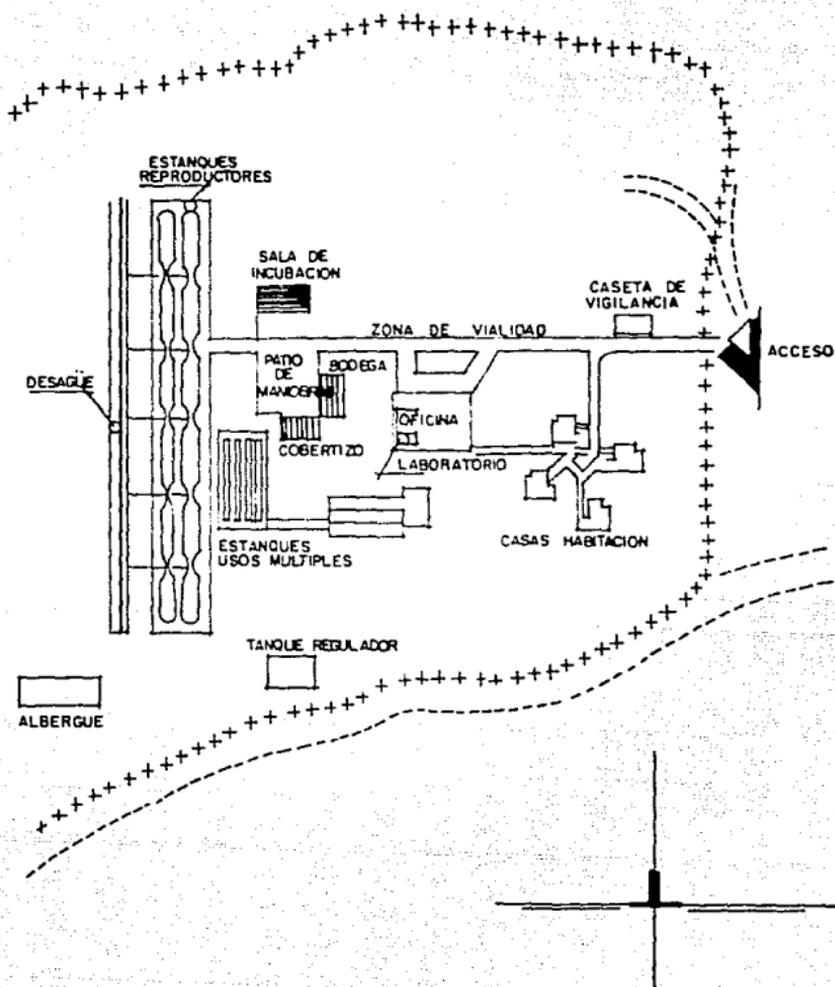


Figura 4. Instalaciones de la Piscifactoría Apulco en el estado de Puebla, México.

V. MATERIAL Y METODOS

El trabajo y la toma de datos en el campo fue realizado desde agosto hasta noviembre de 1985, de agosto a septiembre de 1986 y 1987 y de mayo a agosto de 1988. El personal de la Piscifactoria se encargó de realizar los muestreos y de llevar los registros. Este trabajo no fue periódico para todos los meses durante esos años y sólo una parte de los datos tienen fecha de cuando fueron obtenidos. Los registros obtenidos en esos años se utilizaron para el análisis de la estructura poblacional tanto, como los registros obtenidos lo permitieron.

5.1. Determinación de los datos morfométricos y sexado de los organismos.

Para conocer la longitud total y el peso de las truchas se muestrearon al azar organismos de diferentes estanques, el número de organismos muestreados fue variable. Las determinaciones morfométricas que se realizaron fueron las siguientes:

- Longitud total (L_T). Considerada como la distancia entre la punta de la boca a la punta final de la aleta caudal. Se determinó utilizando un ictiómetro de 0 a 60 cm.
- Peso total (P). Para conocerlo se utilizó una balanza granataria marca OHAUS de 5,500 g de capacidad con precisión de 1 g.

Para determinar el sexo (SEXO) se tomaron en cuenta las características sexuales secundarias como la prolongación en la mandíbula inferior exclusiva de los machos, y en época de reproducción el poro genital que es abultado y rojizo en las hembras.

Las muestras se tomaron con una red de cuchara de forma circular con 30 cm de diámetro.

5.2. Número total de organismos muestreados en la población.

El número de organismos muestreados varió durante los cuatro años. Tabla 6.

TABLA 6
Número de Organismos Registrados

AÑO	Hembras	Machos	Indeter.	Población
1985	1117	837		1954
1986	118	163	2654	2935
1987	2021	503	367	2891
1988	2606	732	577	3915

De todos los organismos se tienen registros de LI y I', la mayor parte tienen registro de sexo y sólo los de agosto de 1985 tienen registro de edad.

La densidad de truchas en los estanques no fué determinada. Durante esos años se introdujeron nuevos organismos sin tener un registro preciso de su número. Como se trata de un centro productor de crías, las que no salían del centro se introducían a los estanques de crías para posteriormente pasarlas a los estanques de reproductores. La mortalidad no fué determinada aunque los peces morían por diversas causas, entre estas por enfermedad, robo o ataque de animales y por la pesca deportiva.

5.3. Alimentación.

Diariamente se les dió de comer 2 veces. La primera aproximadamente a las 9 horas y la segunda a las 15 horas. Se utilizó alimento balanceado marca ALBAMEX durante todas las etapas del crecimiento. Este tipo de alimento contiene un 34% de proteínas, 2% de grasas, 8% de fibras, 12% de humedad y 12% de ceniza.

5.4. Análisis de la calidad del agua.

Durante julio de 1985 a junio de 1986 se realizaron muestreos hidrológicos (Reyes et al. 1988) en la Piscifactoría Apulco. Los parámetros fisicoquímicos que se determinaron fueron: oxígeno disuelto, temperatura, pH, transparencia y alcalinidad total.

La cantidad de agua con la que cuenta la Piscifactoría en total es de 208 l/seg; correspondiendo 40 l/seg para cada línea de 6 estanques raceways de reproductores y 10 l/seg para cada línea de 3 estanques raceways de crías.

5.5. Procesamiento de datos.

Con todos los registros obtenidos se formaron varios archivos en las computadoras Burroughs 7800 y A-12 de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Estos archivos se procesaron en la terminal 169 correspondiente al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) utilizando el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences), y con programas en Basic (Ortega-Salas, 1981, 1988) para calcular los parámetros de la curva de crecimiento por el método de Holt (Gulland, 1983) utilizando la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy.

Los archivos en la B 7800 se transfirieron a minidiskettes para procesarlos en computadora personal. En la organización de los archivos, la realización de gráficas y la edición se utilizaron los paquetes Lotus 123, Freelance y Word Perfect.

5.6. Análisis del crecimiento poblacional.

Para describir el crecimiento en gráficas de distribución de frecuencias se construyeron curvas de acuerdo a los parámetros de la ecuación de Von Bertalanffy mediante el método de Holt (Gulland, 1983):

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t - t_0)}] \quad (1)$$

donde L_t es la longitud al tiempo (t); L_∞ es la máxima longitud o longitud asintótica; K describe la tasa de declinación del crecimiento hasta alcanzar el máximo; t_0 es el tiempo en el cual teóricamente la longitud del organismo es igual a cero; e es la base de los logaritmos naturales (\ln). El programa en Basic (Apéndice 2) fué hecho para calcular estos parámetros (Ortega-Salas, 1988). Una ecuación regresión lineal fué ajustada a la diferencia en longitud entre el tiempo t y $t+1$ contra el promedio de las longitudes en el tiempo t y $t+1$, es decir $L_{t+1} - L_t$ contra $(L_{t+1} + L_t)/2$ para determinar K que sería la pendiente de la regresión y L_∞ como el intercepto en el eje "X"; t_0 fué obtenida utilizando los valores calculados de K y L_∞ y substituyendo los valores observados de longitud en tiempo en la ecuación 2:

$$t_0 = t + 1/K \log_e (L_\infty - L_t)/(L_\infty) \quad (2)$$

Las longitudes utilizadas en la regresión fueron los valores que correspondieron a las modas de los picos en las gráficas de

distribución de frecuencias. Estas modas corresponden a las tallas de organismos que crecen a una misma tasa promedio de acuerdo al método de Petersen (Gulland, op. cit.). Para Schnute y Fournier (1980) este método ayuda a identificar diferentes grupos de edad en una población. Pauly (op cit. 1983) propone un método integrado que combina los análisis de longitud-frecuencia y de clases modales progresivas. Esto involucra dibujar una curva de crecimiento suave y continua en los datos de frecuencia-longitud arreglados secuencialmente en el tiempo. Este método puede ser usado para estimar los parámetros de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy.

Posteriormente esas L_1 observadas se substituyeron en la ecuación 1 para obtener L_1 calculadas y en la ecuación 2 para obtener la t_0 correspondiente.

Para obtener el P calculado se utilizó la relación $P-LT$ en forma lineal (logarítmica) para hembras, machos y la población respectivamente donde los valores de L_1 calculados con la ecuación 1 se substituyeron en la siguiente ecuación para obtener el P calculado:

$$\ln P = \ln a + b (\ln L_1) \quad (3)$$

donde: a = ordenada al origen

b = pendiente

Las curvas de crecimiento se dibujaron tomando los valores de L_1 calculada y P calculado.

VI. RESULTADOS

La tabla 7 muestra los valores promedio de los parámetros físico-químicos para el análisis de la calidad del agua en la Piscifactoría Apulco durante agosto de 1985 a junio de 1986.

TABLA 7

Valores Promedio Mensual de los Parámetros Físico-Químicos en la Piscifactoría Apulco.

Meses	Temperatura	O ₂ Disuelto	Dureza	pH	Transparencia
	°C	mg/L	mg/L/CaCO ₃		cm
JUL. 1985	17.5	7.0	120	7.0	20
AGD. 1985	18.0	7.0	120	7.0	35
SEP. 1985	16.5	6.0	120	7.5	50
OCT. 1985	16.5	7.0	120	7.5	120
NOV. 1985	14.5	8.0	125	7.5	150
DIC. 1985	13.5	8.5	125	7.5	150
ENE. 1986	11.0	8.4	130	7.5	150
FEB. 1986	11.0	8.4	130	7.5	150
MAR. 1986	13.0	7.5	125	7.2	150
ABR. 1986	14.5	7.0	120	7.0	150
MAY. 1986	16.5	7.0	125	7.5	120
JUN. 1986	18.0	6.5	130	7.5	100

Fuentes: Reyes et al., 1986.

Los valores de LI observadas y calculadas así como el P calculado para los meses de agosto a noviembre de 1985 para las hembras y de agosto a diciembre de 1985 para los machos y para la población en conjunto de agosto a noviembre de 1985 se muestran en las tablas 8, 9 y 10 respectivamente. De igual manera los

valores de LT observadas y calculadas y el P calculado para las hembras, machos y la población por años de 1985 a 1988, se muestran en las tablas 11, 12, 13.

Se obtuvieron gráficas de Lt frecuencia-tiempo para hembras, machos y la población en conjunto de los meses de agosto a octubre de 1985, de agosto a noviembre de 1985 y de agosto a octubre de 1985 respectivamente (figuras 5, 8, 11). De igual manera se obtuvieron para los años de 1985 a 1988 para hembras, machos y la población (figuras 14, 18 y 22).

De la relación P-LT se obtuvieron las figuras 6, 9, 12, 15, 16, 19, 20, 23 y 24.

Con el peso calculado se obtuvieron gráficas de P-frecuencia-tiempo para las hembras, machos y la población de los meses de agosto a octubre de 1985 (figuras 7, 10 y 13). También se obtuvieron las gráficas para hembras, machos y la población por años de 1985 a 1988 (figuras 17, 21 y 25).

En las gráficas donde no aparece un perfil de frecuencias, no se tienen registros para ese mes. Por esta razón aparecen en blanco. La curva de crecimiento se dibujó y en el caso donde no hay registro de longitud, se consideró la Lt que corresponde al punto por donde la curva toca al eje "y".

Los intervalos de clase utilizados para determinar la frecuencia de la longitud total fue de 10 en 10 mm. Para el peso se utilizó un intervalo de 30 g.

6.1. Tablas de LT observadas y calculadas, y P calculado; gráficas de distribución de frecuencias; y gráficas de relación P-LT.

La tabla 8 muestra los valores de LT observadas y calculadas y de P calculados para las hembras de agosto a noviembre de 1985.

De acuerdo con los valores registrados en la tabla 8, para las hembras se obtuvo la figura 5 correspondiente al crecimiento mensual en LT durante agosto a octubre de 1985. El crecimiento se indica por medio de curvas. Así se determinaron tres grupos en la población. Al grupo de organismos más pequeños corresponde la curva 1, al grupo intermedio la curva 2 y al grupo de organismos más grande la curva 3. Los valores de K, L_0 y t_0 para cada curva se muestran asimismo. La figura 6 es la representación de la relación P-LT para las hembras durante 1985. De la relación logarítmica se obtuvo la respectiva ecuación resultado de la regresión lineal, siendo ésta:

$$\begin{aligned} \text{hembras 1985: } \ln P &= -11.67590 + 3.08732 (\ln LT) & (4) \\ n &= 1117 \end{aligned}$$

En la figura 7 se observa el crecimiento mensual en P durante los mismos meses para las hembras. Se identificaron los tres grupos de edades obtenidos en la figura 1. Las curvas se construyeron en base al P calculado con la ecuación 4 obtenidos al substituir las LT calculadas.

La tabla 9 corresponde a los machos y muestra los valores observados y calculados de LT y los calculados de P de agosto a diciembre de 1985. De acuerdo a esta tabla se construyeron las figuras 8 y 10.

En el caso de los machos la figura 8 nos muestra el crecimiento mensual en LI de agosto a noviembre de 1985 en tres grupos similares a los observados para las hembras, con sus correspondientes valores de K, L_∞ y t₀. El valor de t₀ mostrado es igual al promedio de las t₀ de cada grupo en la población. En ambos casos se graficaron las LI observadas y calculadas. La figura 9 muestra la relación P-LT de los machos durante 1985, donde se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{machos 1985: } \ln P &= -13.00966 + 3.31154 (\ln LI) & (5) \\ n &= 837 \end{aligned}$$

En la figura 10 se observan las curvas de crecimiento mensual en P para los machos durante agosto a noviembre de 1985.

Para la población en conjunto se hizo el análisis en base a los valores observados y calculados de LI y calculados de P de agosto a noviembre de 1985 que se muestran en la tabla 10.

El crecimiento mensual en LI en la población se observa en la figura 11. Al hacer la relación P-LT de la población mostrada en la figura 12, se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{población 1985: } \ln P &= -12.25316 + 3.18428 (\ln LI) & (6) \\ n &= 1954 \end{aligned}$$

Al substituir en la ecuación 6 los valores de LI calculados se obtuvo el crecimiento en P para la población que se observa en las curvas construidas que se muestran en la figura 13.

En la tabla 11 se muestran las LI calculadas y observadas y el P calculado en las hembras durante 1985 a 1988. En base a estos valores se construyeron las figuras 14 y 17.

La figura 14 corresponde al crecimiento anual en LI para las hembras, donde también se reconocieron tres grupos. Las relaciones P-LI que se utilizaron para calcular el P fueron las correspondientes para cada uno de los años indicados:

$$\begin{aligned} \text{hembras 1986: } \text{Ln P} &= -7.93265 + 2.44841 (\text{Ln LI}) & (7) \\ n &= 118 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{hembras 1987: } \text{Ln P} &= -9.30967 + 2.69703 (\text{Ln LI}) & (8) \\ n &= 2021 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{hembras 1988: } \text{Ln P} &= -9.69885 + 2.76924 (\text{Ln LI}) & (9) \\ n &= 2606 \end{aligned}$$

La figura 15 muestra la relación P-LI para hembras en 1986, 1987 y 1988 respectivamente; y la figura 16 la relación logarítmica para esos mismos años. El crecimiento anual en P en las hembras de 1985 a 1988 se observa en la figura 17.

La tabla 12 muestra los valores observados y calculados de LI y también el P calculado para los machos durante 1985 a 1988.

El crecimiento anual en LI para los machos durante 1985 a 1988 se indica mediante curvas en la figura 18. De la relación P-LI para cada año se obtuvo:

$$\begin{aligned} \text{machos 1986: } \text{Ln P} &= -7.84667 + 2.43514 (\text{Ln LI}) & (8) \\ n &= 163 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{machos 1987: } \text{Ln P} &= -7.09589 + 2.33399 (\text{Ln LI}) & (9) \\ n &= 503 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{machos 1988: } \text{Ln P} &= -8.60772 + 2.58257 (\text{Ln LI}) & (10) \\ n &= 732 \end{aligned}$$

cuya representación se muestra en las figuras 19 y 20. Para observar el crecimiento anual en P en los machos se construyó la figura 21.

Finalmente en la tabla 13 se indican los valores calculados y observados de LT y los calculados de P para la población en conjunto durante 1985 a 1988. Con estos valores se construyeron las figuras 22 y 25.

La figura 22 muestra el crecimiento anual en LT en la población durante 1985 a 1988. De la relación P-LT que se observa en las figuras 23 y 24 para la población por años donde se obtuvo:

$$\begin{aligned} \text{población 1986: } \ln P &= -10.36917 + 2.86116 (\ln LT) & (11) \\ n &= 2935 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{población 1987: } \ln P &= -11.39888 + 3.04894 (\ln LT) & (12) \\ n &= 2891 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{población 1988: } \ln P &= -11.44374 + 3.05658 (\ln LT) & (13) \\ n &= 3915 \end{aligned}$$

El crecimiento anual en P para la población durante 1985 a 1988 se indica en la figura 25.

Se obtuvieron también las Tasas Instantáneas de Crecimiento de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\ln LT_{\text{final}} - \ln LT_{\text{inicial}} / T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}} \quad (14)$$

donde T = tiempo en meses y en años respectivamente. Tabla 14.

TABLA B
 LT y P Calculados para Hembras en la
 Piscifactoria Apulco

C U R V A 1 .

Tiempo Meses	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2	LI (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 AGO.	236	29	250.5	236.50	181.13
2 SEP.	265	35	282.5	268.50	268.00
3 OCT.	300	20	310.0	296.25	363.09
4 NOV.	320	-	-	320.33	462.17

C U R V A 2 .

Tiempo Meses	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2	LI (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 AGO.	350	30	365.0	350.38	609.57
2 SEP.	380	30	395.0	381.76	794.39
3 OCT.	410	20	420.0	408.08	975.94
4 NOV.	430	-	-	430.15	1148.28

C U R V A 3 .

Tiempo Meses	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2	LI (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 AGO.	445	20	453.0	445.50	1279.56
2 SEP.	465	23	476.5	467.36	1483.50
3 OCT.	488	12	494.0	485.40	1667.51
4 NOV.	500	-	-	500.29	1830.55

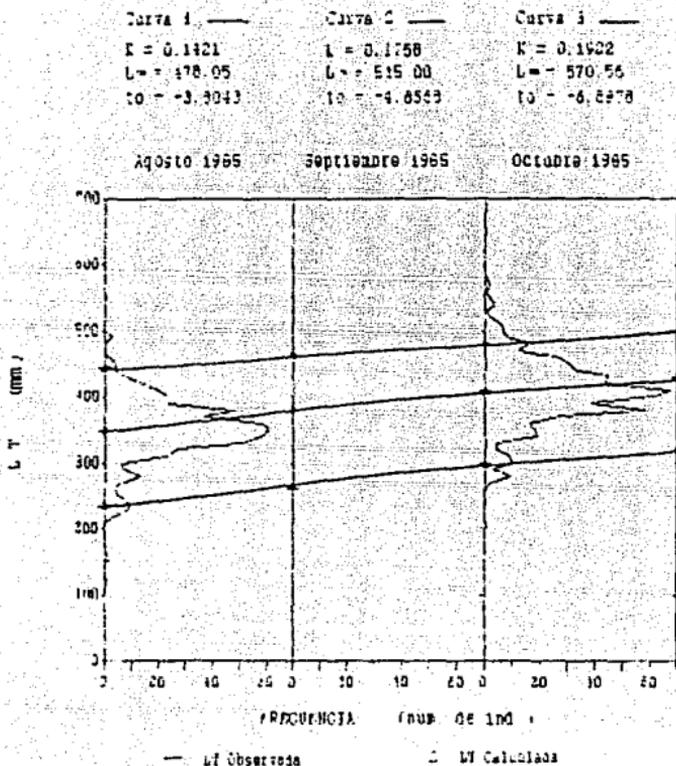


Figura 5. Distribución de frecuencias de L1 a intervalos de 10 mm de agosto a octubre de 1985. Se muestran las curvas de crecimiento en L1 mensuales calculadas de acuerdo al método de Petersen y a la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy en la trucha arcoiris (hembras).

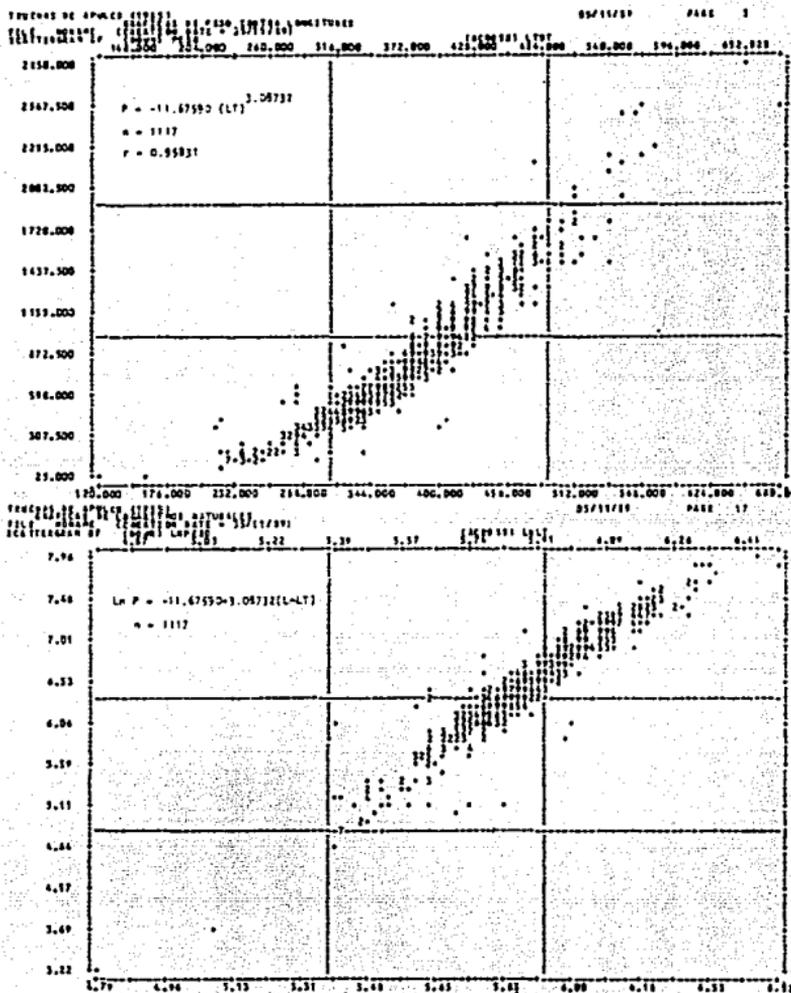


Figura 6. Relación P-LI y Ln P-Ln LI durante 1985 para las hembras de trucha arcoiris. Los números en la curva indican el número de organismos en ese punto, cuando aparece 9 es nueve o más.

hembras 1985: $\ln P = -11.67590 + 3.08732 (\ln L)$ (4)
 $n = 1117$

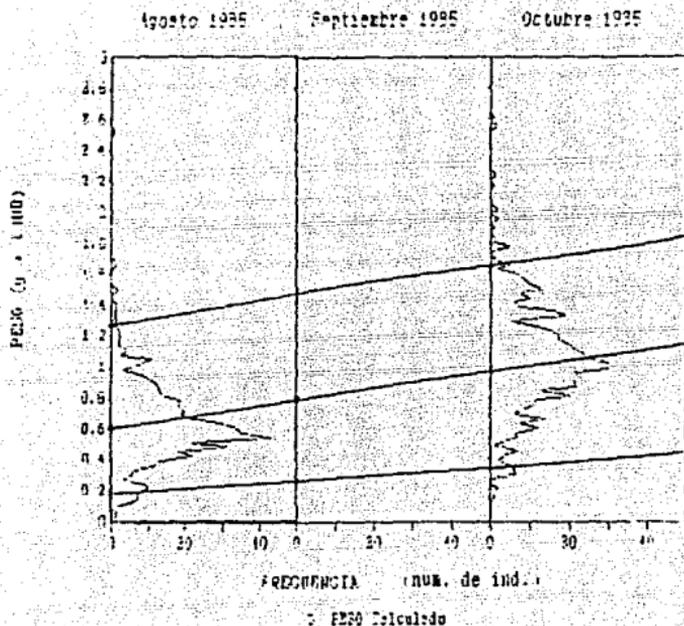


Figura 7. Distribución de frecuencias de P a intervalos de 30 g de agosto a octubre de 1985. Se muestran las curvas de crecimiento en P mensuales calculadas utilizando la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy en la trucha arcoiris (hembras).

TABLA 9

LT y P Calculados para Machos en la
Piscifactoría Apulco

CURVA 1.

Tiempo Meses	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2	LI (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 AGO.	230	50	255.0	230.41	147.10
2 SEP.	280	45	302.5	281.22	288.46
3 OCT.	325	35	342.5	323.92	460.67
4 NOV.	360	30	375.0	359.81	652.40
5 DIC.	390	-	-	389.98	851.75

CURVA 2.

Tiempo Meses	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2	LI (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 AGO.	360	25	372.5	360.27	655.28
2 SEP.	385	15	392.5	384.46	812.69
3 OCT.	400	21	410.5	403.35	952.35
4 NOV.	421	9	425.5	418.31	1074.41
5 DIC.	430	-	-	430.15	1178.45

CURVA 3.

Tiempo Meses	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2	LI (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 AGO.	460	25	472.5	460.20	1473.77
2 SEP.	485	15	492.5	483.88	1740.17
3 OCT.	500	15	507.5	501.58	1960.02
4 NOV.	515	10	520.0	514.80	2136.36
5 DIC.	525	-	-	524.68	2275.18

Curva 1	Curva 2	Curva 3
$K = 0.1736$	$K = 0.2337$	$K = 0.2314$
$L = 518.92$	$L = 475.11$	$L = 553.33$
$t_0 = -2.1339$	$t_0 = -5.0661$	$t_0 = -5.0950$

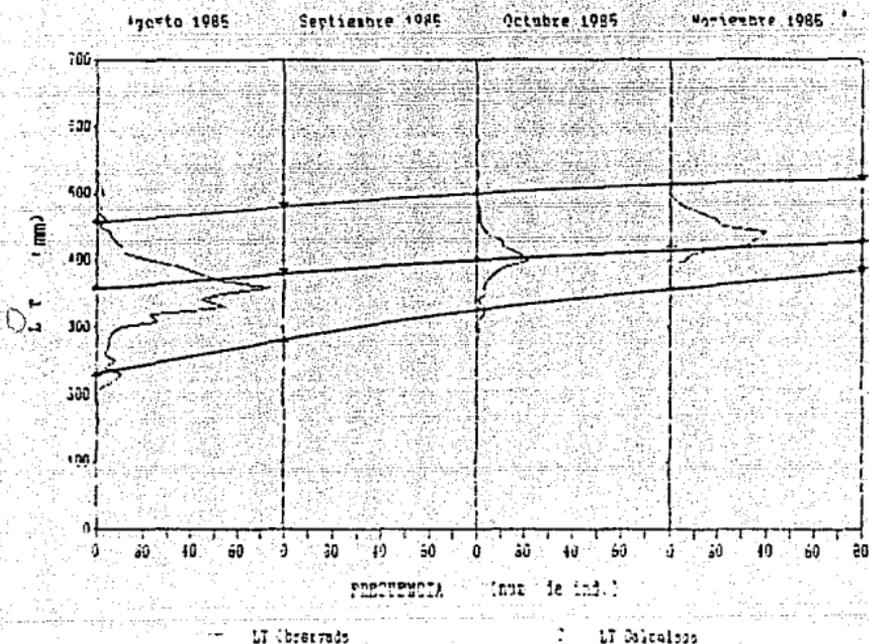


Figura 8. Distribución de frecuencias en L) a intervalos de 10 mm de agosto a noviembre de 1985. Se muestran las curvas de crecimiento en L) mensuales calculadas de acuerdo al método de Petersen y a la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy en la trucha arcoiris (machos).

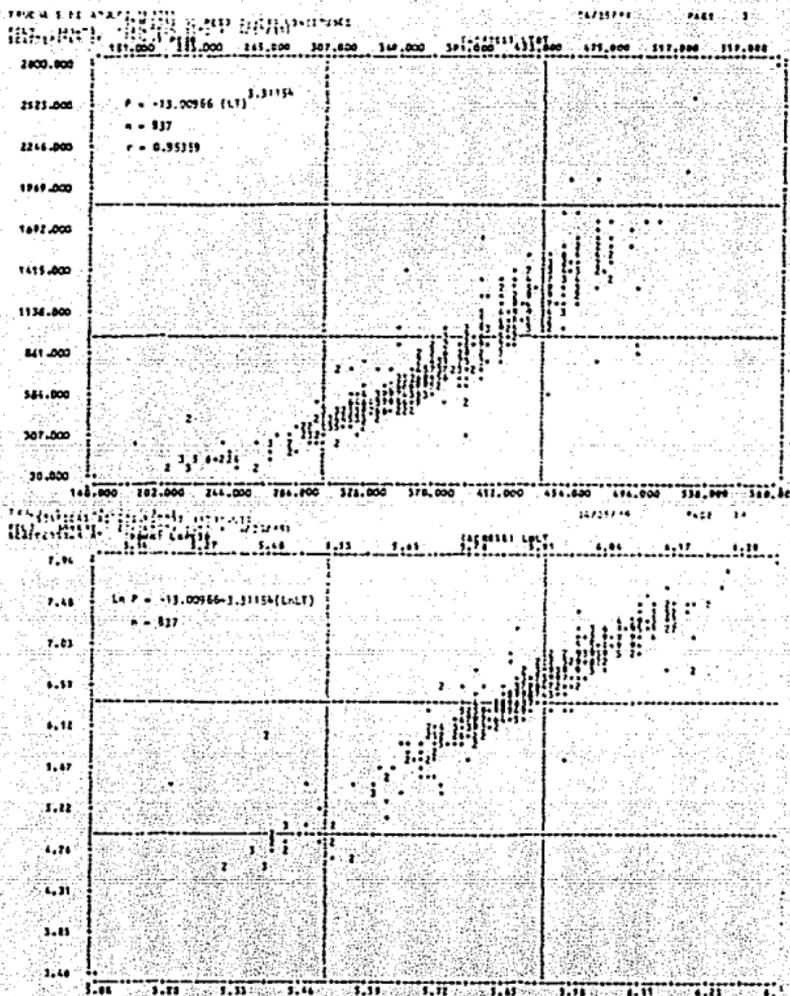


Figura 9. Relación P-LT y Ln P-Ln LT durante 1985 para los machos de trucha arcoiris. Los números en la curva indican el número de organismos en ese punto, cuando aparece 9 es nueve o más.

machos 1985: $\ln P = -13.00966 + 3.31154 (\ln L)$
 $n = 837$

(5)

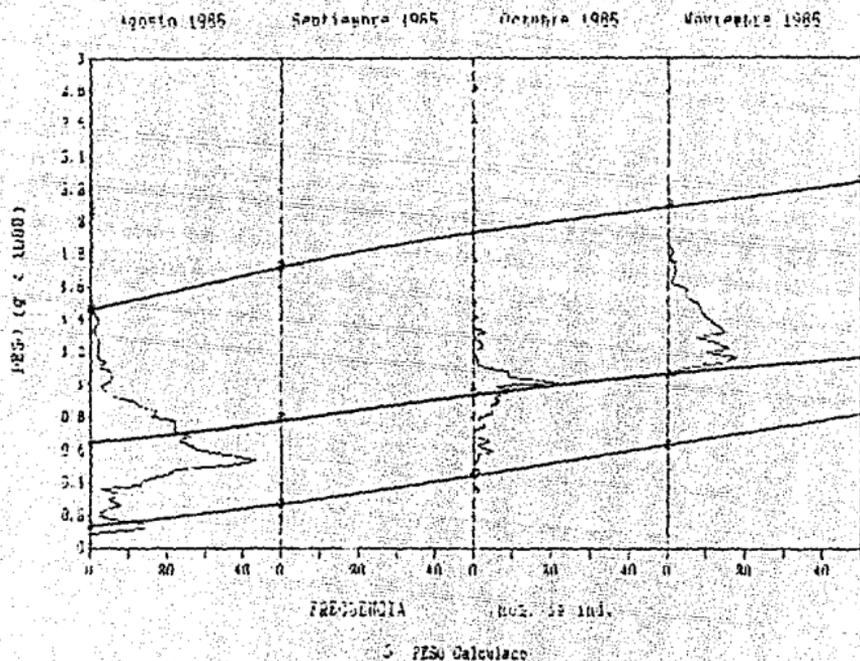


Figura 10. Distribución de frecuencias de P a intervalos de 30 g de agosto a noviembre de 1985. Se muestran las curvas de crecimiento en P mensuales calculadas utilizando la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy en la trucha arcuata (machos).

TABLA 10
 LT y P Calculados para la Población
 en la Piscifactoría Apulco

CURVA 1.					
tiempo Meses	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2	LI (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 AGO.	230	42	251.0	230.28	158.71
2 SEP.	272	30	287.0	271.39	267.77
3 OCT.	302	25	314.5	302.74	379.26
4 NOV.	327	-	-	326.66	483.17

CURVA 2.					
Tiempo Meses	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2	LI (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 AGO.	361	27	374.5	361.37	666.43
2 SEP.	388	23	399.5	388.74	840.85
3 OCT.	411	16	419.0	410.19	997.69
4 NOV.	427	-	-	427.02	1133.97

CURVA 3.					
Tiempo Meses	LI (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2	LI (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 AGO.	455	31	470.5	455.75	1395.24
2 SEP.	486	22	497.0	486.45	1717.12
3 OCT.	508	14	515.0	507.47	1964.73
4 NOV.	522	-	-	521.86	2147.69

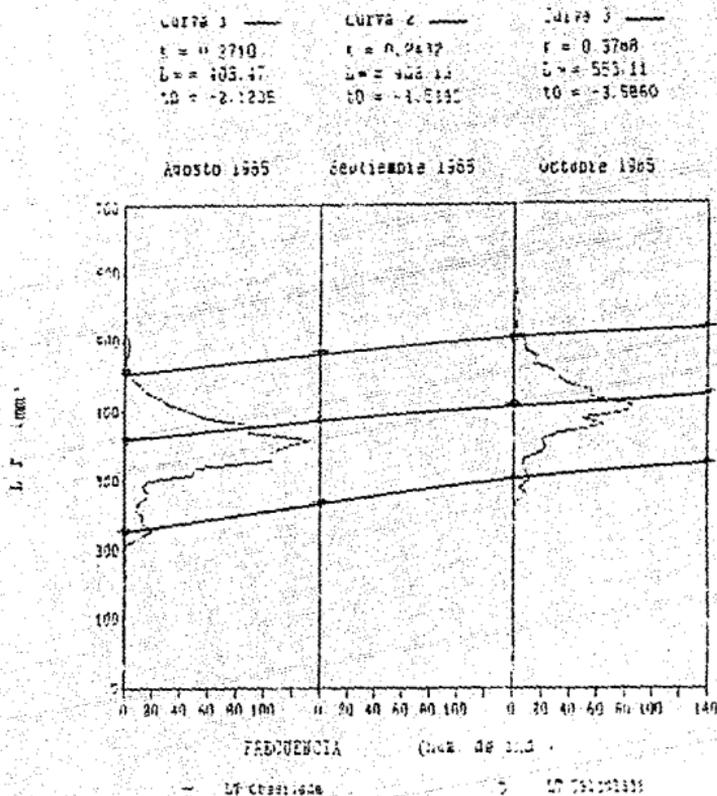


Figura 11. Distribución de frecuencias de L1 a intervalos de 10 mm de agosto a octubre de 1985. Se muestran las curvas de crecimiento en L1 mensuales calculadas de acuerdo al método de Petersen y a la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy en la trucha arcoiris (toda la población).

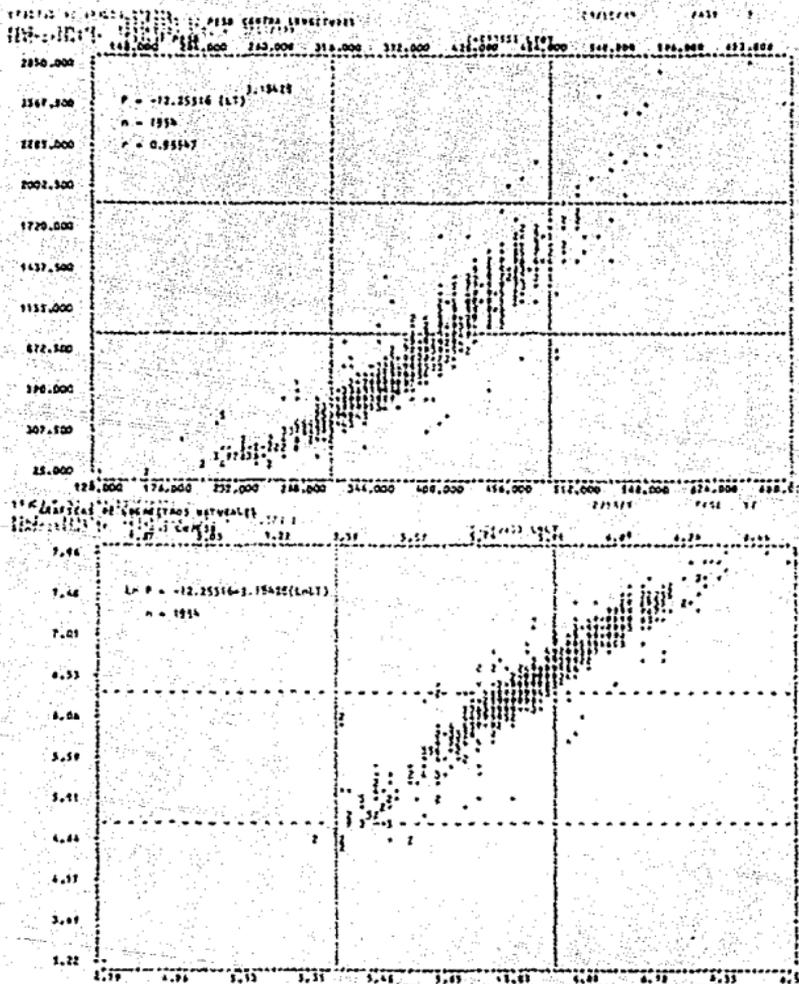


Figura 12. Relación $P-L$ y $L_n P-L_n L$ durante 1985 para toda la población de trucha arcoiris. Los números en la curva indican el número de organismos en ese punto, cuando aparece un 9 es nueve o más.

población 1985: $\ln P = -12.25316 + 3.18428 (\ln L)$ (6)
 $n = 1954$

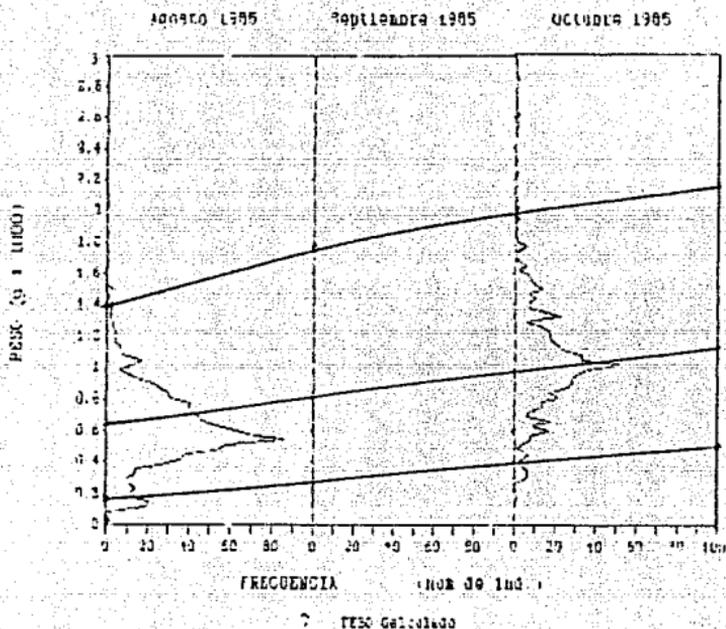


Figura 13. Distribución de frecuencias de P a intervalos de 30 g de agosto a octubre de 1985. Se muestran las curvas de crecimiento en P mensuales calculadas utilizando la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy en la trucha arcoiris (toda la población).

TABLA 11
 LI y P Calculados para Hembras en la
 Piscifactoria Apulco

CURVA 1.					
Tiempo Años	LI (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2 (calcul.)	LI (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 1985	280	43	301.5	281.00	310.23
2 1986	323	37	341.5	325.03	507.12
3 1987	360	32	376.0	360.57	713.08
4 1988	392	20	402.0	389.24	913.64
5 1989	412	-	-	412.38	-

CURVA 2.					
Tiempo Años	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2 (calcul.)	LI (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 1985	379	66	412.0	382.36	798.25
2 1986	445	42	466.0	446.53	1103.60
3 1987	487	25	499.5	486.46	1599.22
4 1988	512	15	519.5	511.31	1944.64
5 1989	527	-	-	-	-

CURVA 3.					
Tiempo Años	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2 (calcul.)	LI (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 1985	482	38	501.0	483.30	1645.34
2 1986	520	36	538.0	523.00	1625.17
3 1987	556	23	567.5	553.89	2269.64
4 1988	579	17	587.5	577.83	2728.53
5 1989	596	-	-	596.39	-

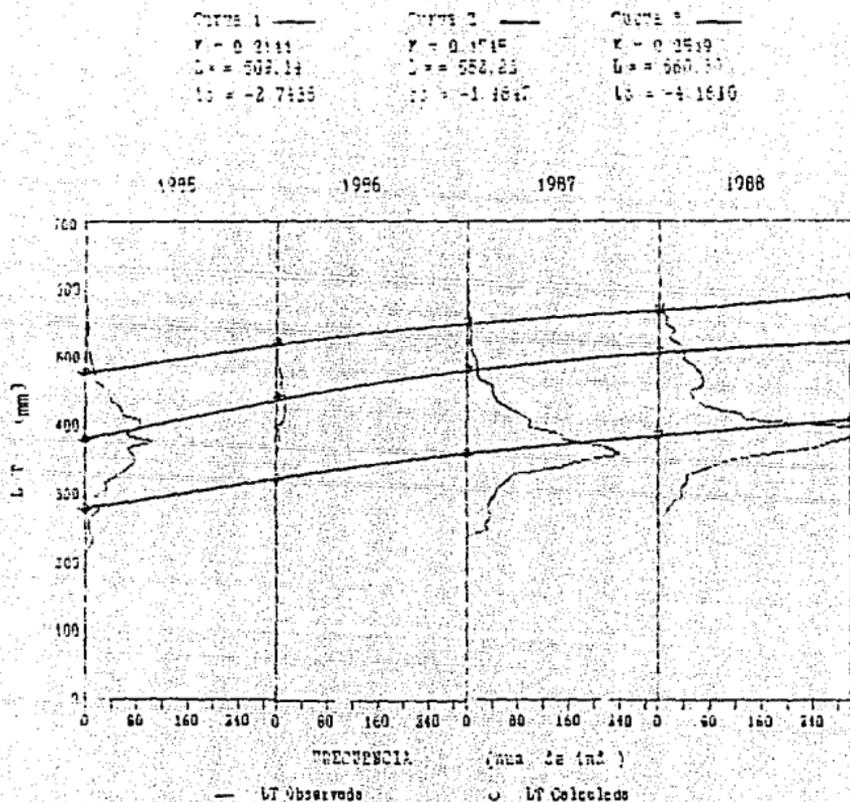


Figura 14. Distribución de frecuencias de L1 a intervalos de 10 mm de 1985 a 1988. Se muestran las curvas de crecimiento en L1 anuales calculadas de acuerdo al método de Petersen y a la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy en la trucha arcoiris (hembras).

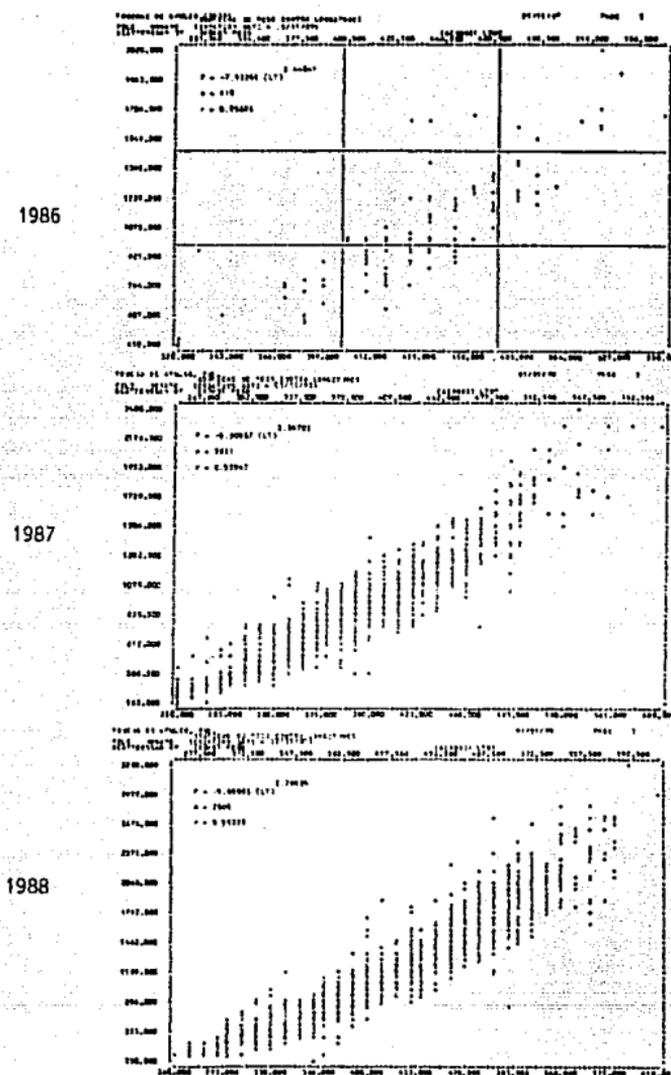


Figura 15. Relación F-LI durante 1986 a 1988 para las hembras de trucha arcoiris. Los números en la curva indican el número de organismos en ese punto, cuando aparece un 9 es nueve o más.

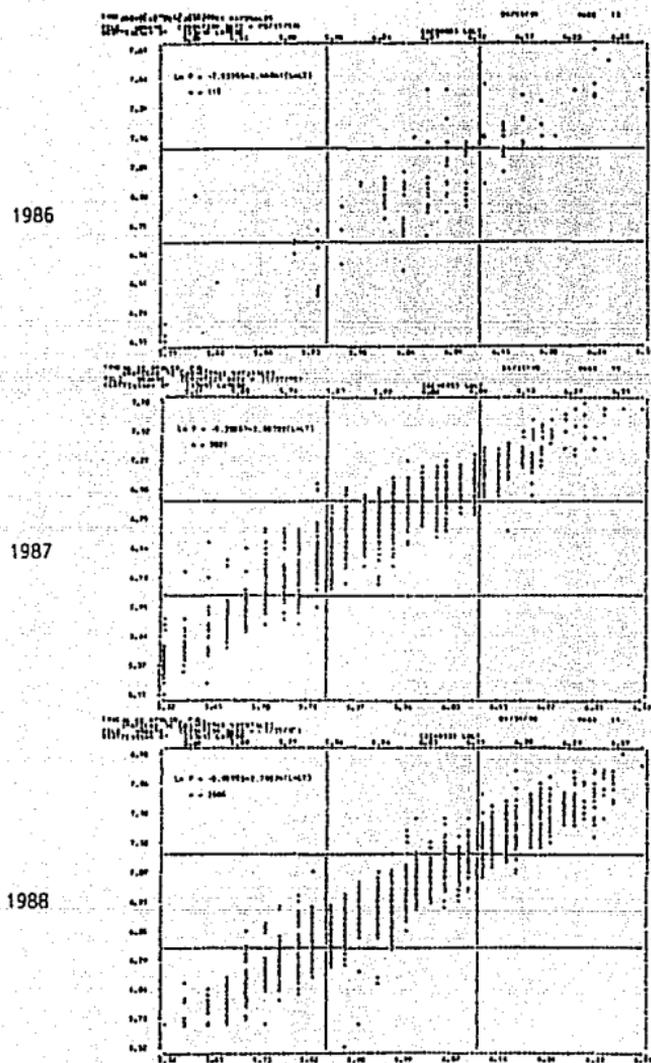


Figura 16. Relación Ln P-Ln LI durante 1986 a 1988 para las hembras de trucha arcoiris. Los números en la curva indican el número de organismos en ese punto, cuando aparece un 9 es nueve o más.

$$\text{hembras 1986: } \ln P = -7.93265 + 2.44841 (\ln L1) \quad (7)$$

$$n = 118$$

$$\text{hembras 1987: } \ln P = -9.30967 + 2.69703 (\ln L1) \quad (8)$$

$$n = 2021$$

$$\text{hembras 1988: } \ln P = -9.69885 + 2.76924 (\ln L1) \quad (9)$$

$$n = 2606$$

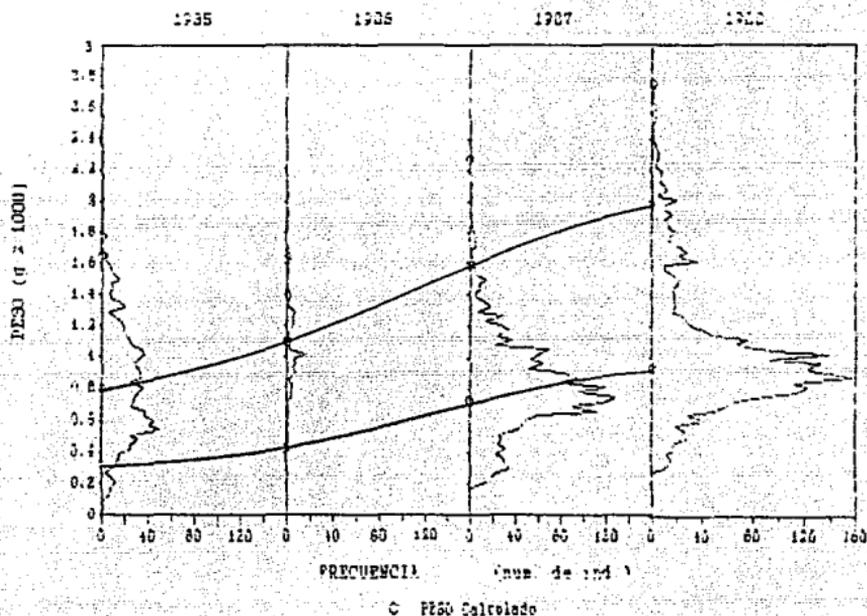


Figura 17. Distribución de frecuencias de P a intervalos de 30 g de 1985 a 1988. Se muestran las curvas de crecimiento en P anuales calculadas utilizando la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy en la trucha arcoiris (hembras).

TABLA 12
 LT y P Calculados para Machos en la
 Piscifactoria Apulco

CURVA 1.					
Tiempo Años	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2 (calcul.)	LT (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 1985	312	68	346.0	313.86	414.97
2 1986	380	40	400.0	378.90	743.53
3 1987	420	35	437.5	423.31	1121.18
4 1988	455	20	465.0	453.64	1326.95
5 1989	475	-	-	474.35	-

CURVA 2.					
Tiempo Años	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2 (calcul.)	LI (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 1985	400	62	431.0	410.76	1011.52
2 1986	462	18	471.0	462.24	1206.59
3 1987	480	20	490.0	488.09	1560.36
4 1988	500	10	505.0	501.08	1715.59
5 1989	510	-	-	507.60	-

CURVA 3.					
Tiempo Años	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2 (calcul.)	LI (mm) (calcul.)	P (g) (calcul.)
1 1985	500	13	506.5	500.43	1945.18
2 1986	513	7	516.5	513.31	1557.35
3 1987	520	21	530.5	525.03	1850.02
4 1988	541	4	543.0	535.67	2038.37
5 1989	545	-	-	545.35	-

Corra 1	Corra 2	Corra 3
$K = 0.3614$	$L = 0.6687$	$\lambda = 0.0955$
$G_0 = 512.95$	$L_0 = 514.18$	$L_0 = 541.97$
$r_0 = -1.4339$	$t_0 = -1.3289$	$t_0 = -11.53$

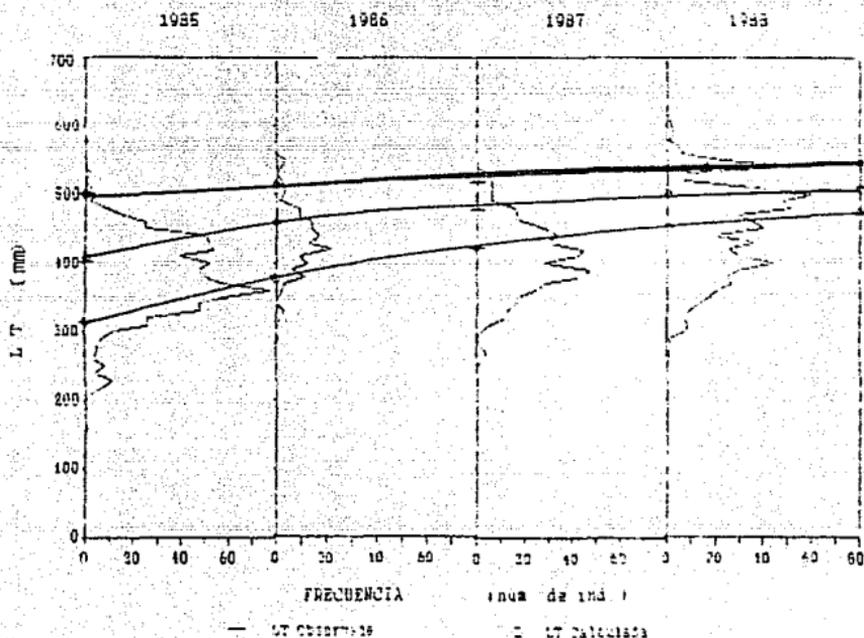
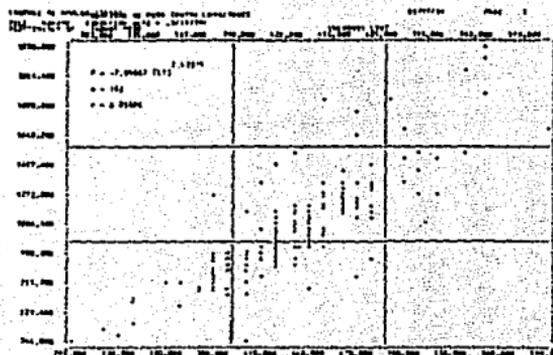
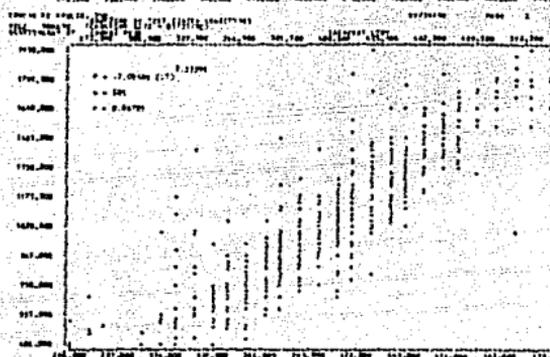


Figura 18. Distribución de frecuencias de L_1 a intervalos de 10 mm de 1985 a 1988. Se muestran las curvas de crecimiento en L_1 anuales calculadas de acuerdo al método de Petersen y a la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy en la trucha arcoiris (machos).

1986



1987



1988

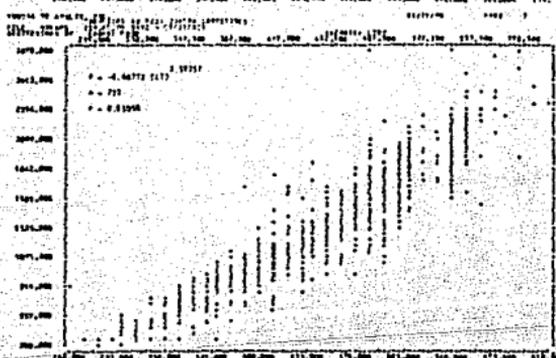


Figura 17. Relación P-L durante 1986 a 1988 para los machos de trucha arcoiris. Los números en la curva indican el número de organismos en ese punto, cuando aparece un 9 es nueve o más.

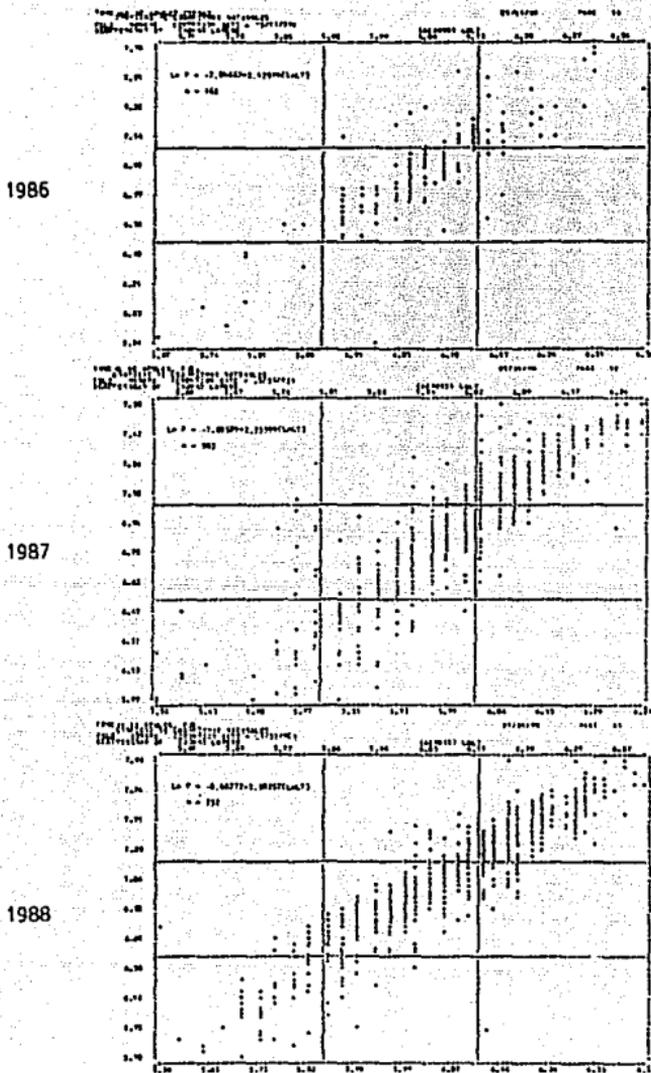


Figura 20. Relación $\ln P$ - $\ln LI$ durante 1986 a 1988 para los machos de trucha arcoiris. Los números en la curva indican el número de organismos en ese punto, cuando aparece un 9 es nueve o más.

$$\text{machos 1986: Ln } P = -7.84667 + 2.43514 (\text{Ln } L1) \quad (8)$$

$$n = 163$$

$$\text{machos 1987: Ln } P = -7.09589 + 2.33399 (\text{Ln } LT) \quad (9)$$

$$n = 503$$

$$\text{machos 1988: Ln } P = -8.60772 + 2.58257 (\text{Ln } L1) \quad (10)$$

$$n = 732$$

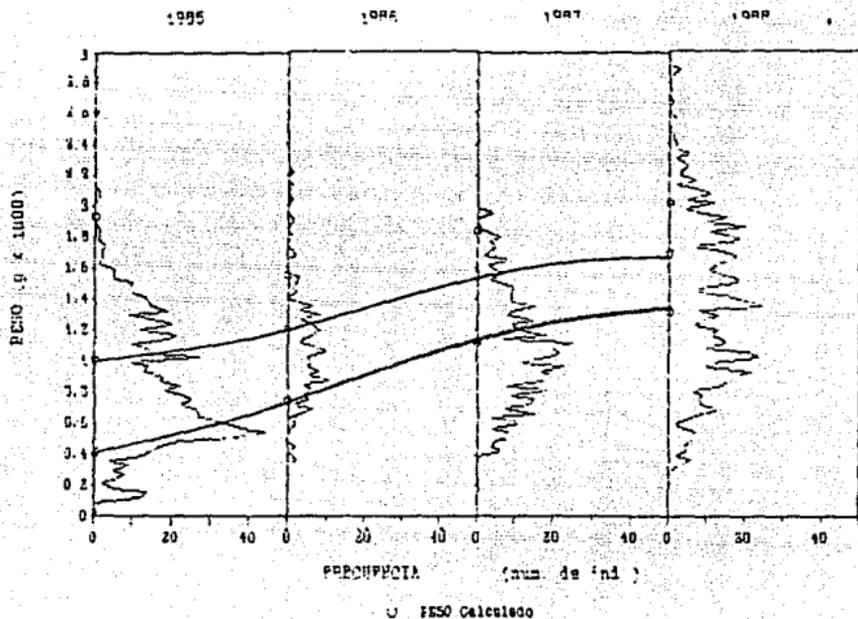


Figura 21. Distribución de frecuencias de P a intervalos de 30 g de 1985 a 1988. Se muestran las curvas de crecimiento en P anuales calculadas utilizando la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy en la trucha arcoiris (machos).

TABLA 13
 LT y P Calculados para la Población en la
 Piscifactoría Apulco

CURVA 1.

Tiempo Años	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2 (calcul.)	LI (mm)	P (g) (calcul.)
1 1985	278	48	302.0	277.93	288.86
2 1986	326	30	341.0	323.17	474.90
3 1987	356	29	370.5	358.41	688.14
4 1988	385	23	376.5	385.86	862.33
5 1989	408	-	-	407.24	-

CURVA 2.

Tiempo Años	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2 (calcul.)	LI (mm)	P (g) (calcul.)
1 1985	400	26	413.0	400.73	926.25
2 1986	426	34	443.0	426.59	1051.01
3 1987	460	18	469.0	455.88	1432.86
4 1988	478	17	486.5	477.30	1651.91
5 1989	495	-	-	495.45	-

CURVA 3.

Tiempo Años	LT (mm) (obser.)	Y Lt+1-Lt	X Lt+1+Lt/2 (calcul.)	LI (mm)	P (g) (calcul.)
1 1985	480	28	494.0	480.16	1647.41
2 1986	508	17	516.5	506.62	1718.91
3 1987	525	18	534.0	526.98	2229.03
4 1988	543	12	549.0	542.64	2445.12
5 1989	555	-	-	-	-

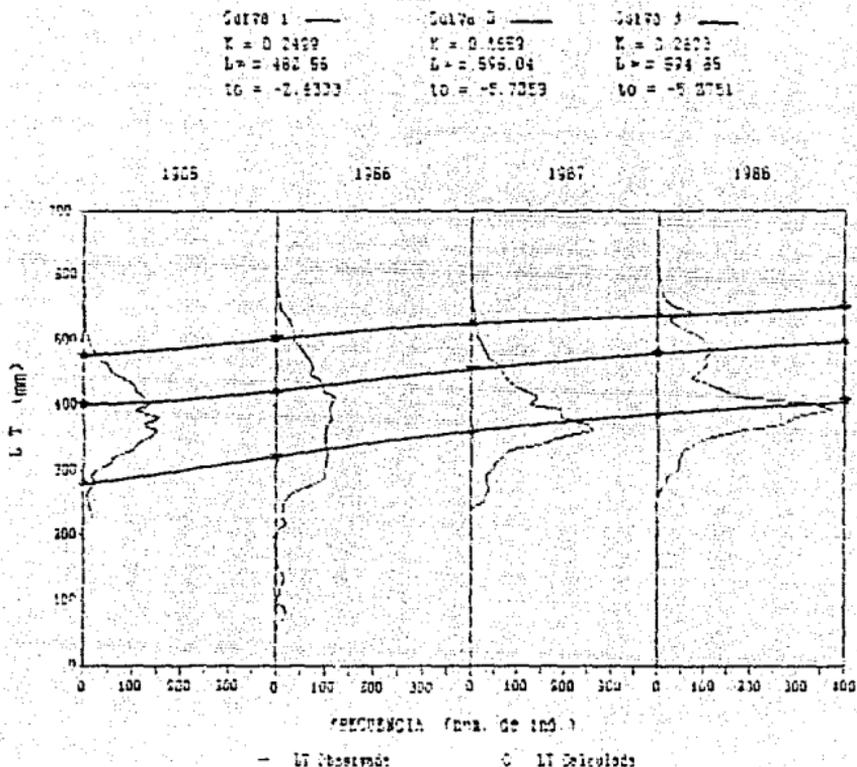
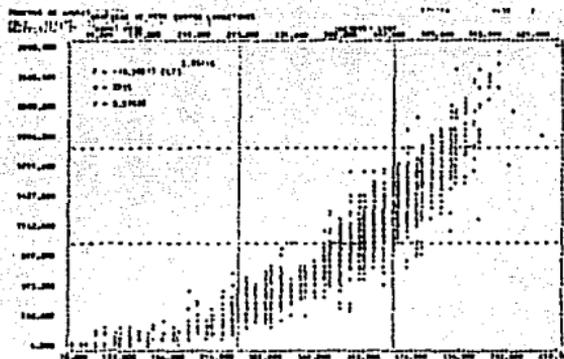
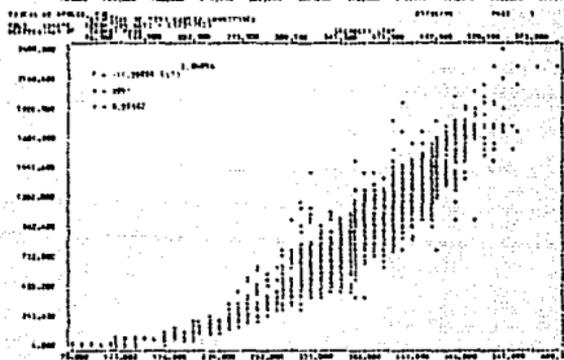


Figura 22. Distribución de frecuencias de L_1 a intervalos de 10 mm de 1985 a 1988. Se muestran las curvas de crecimiento en L_1 anuales calculadas de acuerdo al método de Petersen y a la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy en la trucha arcoiris (toda la población).

1986



1987



1988

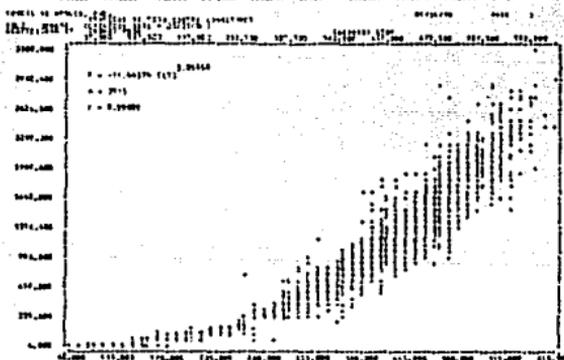


Figura 23. Relación P-LT durante 1986 a 1988 para toda la población de trucha arcoiris. Los números en la curva indican el número de organismos en ese punto, cuando aparece un 9 es nueve o más.

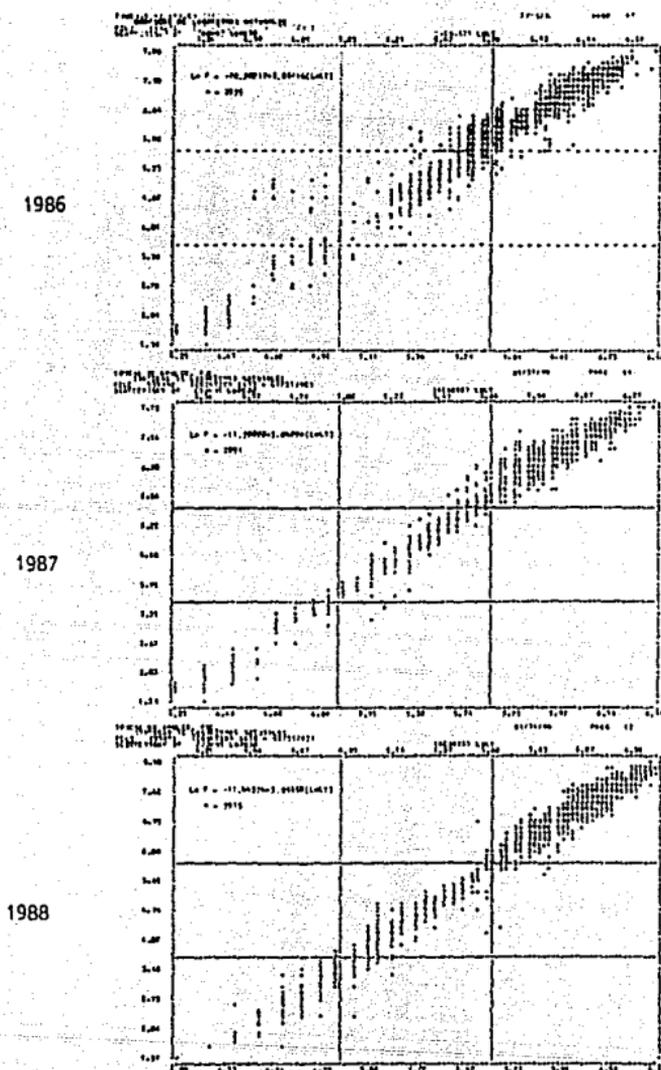


Figura 24. Relación $\ln P$ - $\ln L1$ durante 1986 a 1988 para toda la población de trucha arcoiris. Los números en la curva indican el número de organismos en ese punto, cuando aparece un 9 es nueve o más.

población 1986: $\ln P = -10.36917 + 2.86116 (\ln LI)$ (11)

$n = 2935$

población 1987: $\ln P = -11.39888 + 3.04894 (\ln LI)$ (12)

$n = 2891$

población 1988: $\ln P = -11.44374 + 3.05658 (\ln LI)$ (13)

$n = 3915$

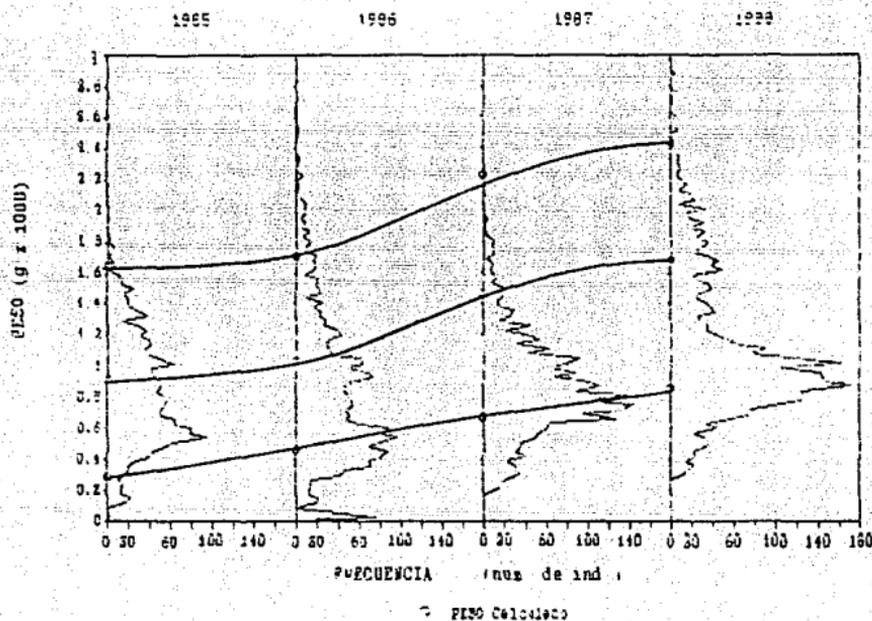


Figura 25. Distribución de frecuencias de P a intervalos de 0 g de 1985 a 1988. Se muestran las curvas de crecimiento en P anuales calculadas utilizando la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy en la trucha arcoiris (toda la población).

Tabla 14
 Tasas Instantáneas (K) de Crecimiento para la
 Trucha Arcoiris.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Hembras 1985	0.0743	0.0686	0.1558
Machos 1985	0.1320	0.0444	0.0330
Poblac. 1985	0.1152	0.0559	0.0458
Hembras 85-88	0.0965	0.0824	0.0530
Machos 85-88	0.1050	0.0607	0.0215
Poblac. 85-88	0.0959	0.0532	0.0363

6.2. Interpretación de los resultados.

Se da a conocer el crecimiento en L1 y en P para hembras, machos y para la población en conjunto durante los meses de agosto a noviembre de 1985 y durante los años de 1985 a 1988.

Para conocer el crecimiento en P en cada año se utilizaron las ecuaciones obtenidas de las relaciones P-L1 para las hembras, machos y población de cada uno de los años. Al utilizar para ambos sexos la ecuación obtenida para la población en un año determinado o aún la ecuación resultante que agrupa a hembras y machos durante todos los años, el crecimiento se llega a subestimar en algunos registros, principalmente para los organismos de mayor edad, y se sobrestima para los de menor edad. Esta decisión se tomó teniendo como base los antecedentes sobre el crecimiento en trucha. También se consideró que las hembras y los machos pueden presentar un crecimiento comparativamente diferente y que este no sería notado al analizar sólo a la población en conjunto.

Adicionalmente, se pensó utilizar las ecuaciones de cada uno de los años teniendo en cuenta que las condiciones de cultivo pudieron ser muy diferentes en cada año. Esto porque los cambios en la administración y en el personal de la Piscifactoría, así como los problemas de presupuesto impiden tener un régimen de cultivo siempre constante que permita obtener el mayor beneficio de los organismos cultivados. Así mismo es posible que existiera variación en los parámetros fisicoquímicos durante los años del periodo de muestreo.

En todas las gráficas de L1-frecuencia-tiempo y de P-frecuencia-tiempo se distinguen tres grupos de edad en la población. De acuerdo a los registros de agosto de 1985 para toda la población y considerando la longitud promedio para hembras, machos y población, el primer grupo que es el de la curva 1 tiene 12 meses de edad en agosto de 1985, el segundo grupo que corresponde a la curva 2 tiene 36 meses en el mismo mes, y el tercer grupo que es el de la curva 3 tiene 48 meses de edad también en agosto de 1985.

El crecimiento mensual (en 4 meses) en L1 y P para las hembras del primer grupo de edad de agosto a noviembre de 1985 fue de 83.83 mm en longitud y de 281.04 g en peso; para los machos durante el mismo periodo fue de 129.40 mm y 503.30. En el segundo grupo de edad las hembras obtuvieron 79.77 mm y 538.71 g; los machos 58.02 mm y 419.13 g. Y para el tercer grupo las hembras crecieron 54.79 mm y 550.99 g; los machos 54.60 mm y 662.59 g durante el mismo periodo. En este crecimiento mensual las hembras del primer grupo obtuvieron menos incremento en longitud y en peso en comparación con los machos de la misma edad. En los otros dos grupos de edad la diferencia entre la ganancia en longitud y peso no fue significativa de agosto a noviembre de 1985.

Lo anterior se explica en la base de que las hembras tardan más tiempo para adquirir la madurez sexual que los machos, y su metabolismo se dirige principalmente a obtener esa madurez y no en crecer en longitud o en peso como los machos a la edad de 12 meses. En los otros grupos de edad, de 36 meses en agosto para los organismos incluidos en la curva 2, y de 48 meses en agosto para los de la curva 3 para hembras y machos las diferencias entre ambos en el crecimiento no fueron notables para el periodo de agosto a noviembre de 1985. Esta diferencia sería notable durante la época de desove en los meses de diciembre a febrero, donde el crecimiento en P principalmente sería mayor para las hembras que para los machos.

Los valores obtenidos de LT y P para la población indican que el crecimiento de agosto a noviembre de 1985 fueron de 96.38 mm en LT y de 324.46 g en P para el grupo de edad 1; 65.65 mm y 467.54 g para el grupo 2; 66.11 mm y 752.45 g para el grupo 3. La temperatura durante esos meses fue descendiendo de 18°C en agosto a 14.5°C en noviembre. El O_2 disuelto fue ascendiendo de 7.0 a 8.0 mg/l, con excepción de septiembre que fue de 6.0 mg/l.

Respecto al análisis por años, el crecimiento en LT y P de 1985 a 1988 para el primer grupo de edad fue de 117.24 mm y 603.41 g para las hembras y de 139.78 mm y 911.98 g para los machos. En el segundo grupo para las hembras se obtuvo 128.95 mm y 1146.39 g; y para los machos 90.32 mm y 704.07 g. Para el tercero fueron 94.53 mm y 1083.19 g para las hembras; y de 35.24 mm y 93.19 g para los machos de 1985 a 1988.

Se observa que las hembras del primer grupo de edad obtuvieron un menor incremento en longitud y peso comparados con los machos del mismo grupo. Pero en los otros dos grupos de edad el incremento fue mucho mayor para las hembras durante el mismo periodo de tiempo.

Los valores obtenidos de L_t y P anuales para la población en conjunto indican que de 1985 a 1988 los organismos del primer grupo crecieron 107.93 mm y 573.47 g; los del segundo grupo 76.57 mm y 725.66 g; y los del tercero 62.48 mm y 797.71 g.

No se consideraron los valores de 1989 porque la continuación de la curva que se observa en la gráfica correspondiente, fue una extrapolación para poder calcular la longitud y el peso en 1988.

En relación a los parámetros de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy, los resultados indican que de las K obtenidas en los tres diferentes grupos de edad, son más grandes en los grupos que corresponden a la curva 3 y menores en los que corresponden a la curva 1 en hembras, machos y la población. Al considerarse K en este trabajo como una tasa de declinación del crecimiento, lo anterior dice que los organismos con mayor longitud y peso crecen comparativamente menos que los que tienen menor peso y longitud. Cuando se comparan las tasas instantáneas de crecimiento se confirma esta afirmación. Los grupos más pequeños tienen una mayor tasa instantánea que los grupos más grandes. Esto quiere decir que los organismos durante sus primeros años de vida crecen más rápido relativamente que los más grandes. Este crecimiento es más notable en la longitud que en el peso durante los primeros meses. Esto va cambiando conforme los organismos crecen y porque una vez que han alcanzado cierta longitud, el incremento en peso es mayor en comparación con los primeros meses de edad.

Respecto a la longitud infinita (L_∞) esta fue en promedio para el análisis mensual de: 476.83 mm para el primer grupo, 502.76 mm para el segundo y 559.18 mm para el tercero. Para el análisis anual en promedio fueron de: 503.35 mm, 554.14 mm y 632.35 mm para los tres grupos respectivamente. La diferencia

entre las L_0 de cada grupo en hembras, machos y población no fue muy grande. Las L_0 fueron mayores en los organismos del tercer grupo de edad, seguidas por las del segundo, y siendo menores en el primero. Lo que indica que la condición de los organismos del primer grupo de edad es menor a la de los organismos del tercer grupo. Ya que los primeros tendrán un crecimiento en longitud máxima menor a la de los últimos.

Es importante resaltar que estas variables teóricas pueden cambiar hacia valores menos o más favorables para el cultivo. Esto depende de muchos factores, que en el caso de la Piscifactoría Apulco pueden ser superados.

El análisis en este trabajo se hace en base a la observación de una parte de la curva de crecimiento que describía todo el ciclo de vida de los organismos en los diferentes grupos de edad. Debido a que las interpretaciones de las partes de las curvas que se analizaron en este trabajo, fueron construidas con datos reales, las extrapolaciones hacia uno o hacia otro lado de la curvas quedan bajo el criterio de quien las realice y deberán basarse en experiencias anteriores en ese rango.

Esta descripción del crecimiento por medio de la ecuación de Von Bertalanffy se ha hecho en base a las longitudes promedio para cada grupo de edad. Como es de suponerse organismos de la misma edad no siempre tienen la misma longitud así como organismos con la misma longitud no tienen la misma edad. Si ese fuera el caso, los análisis de frecuencia de longitud serían triviales. Se puede observar en las gráficas de relación $P-LT$ donde hay organismos que tienen la misma longitud y no el mismo peso y viceversa. Esto está hablando de que entre la población hay diferencias físicas en los individuos. Por lo que es importante recalcar que en este análisis se consideró una longitud promedio

de cada grupo y los resultados se indican de esa forma para las hembras, machos y población.

6.3. Ejercicio económico.

De acuerdo a un estudio sobre fertilidad en trucha arcoiris de la Piscifactoria Apulco en Puebla (Ortega-Salas comunicación personal), durante cada uno de los años de 1985 a 1988 el número promedio de hembras utilizadas fue de 729, con un peso promedio de 910 g. El promedio total de huevos desovados por año fue de 1'795,226. El promedio de huevos desovados por kilogramo de hembra (h/kg) fue de 2,735, con un promedio mínimo de 2,051 h/kg en el periodo 1985-1986 y con un promedio máximo de 3,384 h/kg en el periodo 1987-1988. El número de huevos fecundados en promedio fue de 1'596,035 por año, con un porcentaje de fecundación de 88.9%.

Teniendo en cuenta que el número de hembras en promedio por cada año fue de 729 con un peso de 910 tenemos un total de 663.390 Kg de hembras. Si consideramos que por cada Kg obtenemos 2,500 huevos se obtendrá 1'658,475 huevos desovados en total por toda la población de hembras. El porcentaje de fecundación es del 88.9%, entonces serán 1'474,384 huevos los que serán fecundados. El porcentaje de sobrevivencia de los huevos que llegan aocular es de 63.2%, entonces el número total de huevos oculados será de 931,810. Y de estos el porcentaje de huevos que eclosionan es del 57.5%, por lo tanto, el número de crías que se obtendrá será de 535,790.

El precio por pulgada de cría de 4 cm es de \$ 180.00 MN (6 € US a \$ 2900 MN por 1 dólar) y de 5 a 6 cm cuesta \$ 250.00 (8 € US). Si consideramos que para que un huevo oculado llegue a un alevín de 4 cm el tiempo que transcurre es de 30 días y que el peso del alevín de 4 cm es de 2 g, tendremos una biomasa total de

1,071 Kg = 1.071 ton al multiplicar el número de crías por 2 g. A un precio de \$ 180.00 por cría de 4 cm o 2 g se obtiene un valor total de \$ 96'442,200.00 (33,255.93 US) por la biomasa total.

El factor de conversión alimenticia en Apulco es de 2:1. Si el peso de la biomasa total es de 1.071 ton, la cantidad de alimento necesaria para obtener crías de 2 g de peso es de 2.142 ton. Con un precio por tonelada de alimento de \$ 2'500,000.00 (862.06 US) el precio total del alimento es de \$ 5'355,000.00 (1,846.55 US). Por lo tanto la ganancia sería de \$ 91'087,200.00 (31,409.37 US). Esto desde luego sólo restando al valor de la biomasa el costo del alimento. Ya que los gastos por la administración y el mantenimiento de la Piscifactoría están a cargo de la Secretaría de Pesca.

Por otro lado el precio del millar de huevo varía de 12 a 15 dólares de acuerdo a la cantidad. Entonces el precio por los 931,810 huevos oculados es de \$ 35'129,237 MN (12,113.53 US) considerando un precio de 13 dólares por millar.

De esta manera, haciendo una comparación de el valor de la producción de huevo con la de crías, se observa que el beneficio económico es mayor con la producción de ésta última.

Es posible decir entonces que partiendo de que la Piscifactoría Apulco tiene las instalaciones para obtener la biomasa mencionada arriba, y que no se necesitará más inversión que la de los gastos derivados de la administración, mantenimiento de las instalaciones y del cultivo, la rentabilidad de este tipo de granjas trutícola es buena.

La Piscifactoría Apulco tiene como función principal mantener un "stock" o población de reproductores, de los cuales por medio de la reproducción artificial se pueden obtener huevos

fecundados para después seleccionarlos y mantenerlos hasta que son crias para abastecer a las granjas de trucha que operan en la región. Con las instalaciones que existen en ella, se puede hacer una Piscifactoria de ciclo completo. Además de comercializar los huevos y las crias, se pueden obtener truchas de talla comercial en aproximadamente nueve meses (Marin, 1989) y de acuerdo con los resultados del ejercicio económico de este trabajo, se puede mantener una población de reproductores que pueda producir determinado número de huevos fecundados por ciclo.

Actualmente las Piscifactorias dependientes de la Secretaría de Pesca dedicadas al cultivo de trucha arcoiris, enfrentan obstáculos burocráticos para realizar investigación en forma para mejorar la producción. Ya que en principio la investigación que se realiza en esta secretaria de estado depende del Instituto Nacional de la Pesca (INP) que por diferentes razones justificadas no da la suficiente atención a la importancia de este recurso. De esta manera las Piscifactorias se encuentran con dificultades para contar con recursos adicionales para poder realizar investigación que le corresponde al INP. En el caso de Apulco, los conocimientos sobre alimentación, densidades, enfermedades, etc. quedan en la administración y muchas veces son conocimientos que no se publican y que se pierden al cambiar la administración. Esto significa un retraso importante en la optimización del cultivo.

La producción tan elevada del sector privado en comparación con la del sector social, refleja la importancia y eficiencia del sector privado dentro de esta actividad, así como la necesidad de incrementar la productividad en las unidades del sector social para alcanzar niveles de producción semejantes los de la iniciativa privada, esto repercutiría de manera importante en el incremento de la producción de carne por acuicultura, estimando

alcanzar aproximadamente 1,000 ton. para 1989 (Velázquez y Espinosa, 1989).

Si tomamos en cuenta las instalaciones de las granjas con mayor producción, y las comparamos con las que producen menos con instalaciones semejantes, la diferencia en la producción es muy grande, lo que indica que en las granjas necesitan mayor asesoría y conocimientos para poder producir de acuerdo a su capacidad.

La situación del cultivo de trucha en nuestro país indica, que se presenta un aumento en la producción, pero que es necesario asesorar adecuadamente a las granjas con baja producción. Ya que de la producción total en México, el 46.24% pertenece a la iniciativa privada con 348 ton; de este total los estados de México y Puebla aportan el 85% con 295 ton en tan solo 8 unidades de producción de las 167 existentes.

VII. DISCUSION

7.1. Trabajos anteriores sobre crecimiento de trucha arcoiris.

En dos poblaciones de trucha genéticamente diferentes Gall (1978), observó un crecimiento de 2.0 g a 757.1 g en el peso promedio en un periodo de 16 meses para la primera población y de 2.8 g a 593.2 g para la segunda población en el mismo tiempo. Este crecimiento se obtuvo en truchas domésticas de California EUA a temperaturas de 7° a 12°C en invierno y de 11° a 15°C en verano respectivamente. Klupp (1979) en truchas de 5 meses de edad y 10 g de peso obtuvo un crecimiento de 160 g en 134 días en poblaciones representativas utilizadas para cultivo en la República Federal Alemana. Papst y Hopky (1982) observaron que la trucha arcoiris alcanza la talla comercial de 200 g en 5 meses en Canadá, iniciando con organismos de 10 g de peso a temperaturas cercanas a los 13°C. También en Canadá Glenn y Bush (1989) observan que truchas de 116 mm de longitud y 18 g de peso en promedio alcanzan los 287 mm y 296 g en 5 meses en estanques (de mayo a octubre); y en lago en el mismo periodo crecieron de 116 mm y 18 g a 334 mm y 574 g en promedio durante 1987 y de 126 mm y 27 g a 314 mm y 479 g durante 1988 en el mismo lago. Shepherd y Bromage (1989) indican el patrón de crecimiento de truchas arcoiris inmaduras bajo temperaturas constantes del agua. Muestran que en un ciclo promedio de 55 semanas obtienen un crecimiento de 227 g desde huevo oculado a 14°C. A 18°C este ciclo promedio es de aproximadamente 9 meses y a 9°C es de aproximadamente 18 meses. En México Marin (1986) obtuvo un crecimiento en truchas arcoiris de 51 mm de longitud y 1.9 g de peso iniciales a 199 mm con 124 g en 6 meses (de julio a enero), esto para los organismos de menor crecimiento. Para los que crecieron más fue de 51 mm con 2 g a 230 mm con 160 g durante el mismo periodo en

jaulas flotantes en la laguna de Quechulac, Puebla. A temperaturas entre los 16° y 19°C. Este crecimiento fue similar al reportado por Papst y Hopky en 1982.

7.2. Comparación con otros resultados de crecimiento.

Se compara el crecimiento para el primer grupo de edad de 12 meses con los resultados obtenidos por Gall (1978). El crecimiento en peso durante los primeros 15 meses en las truchas de Apulco fue de 462 g para las hembras; 652 g para los machos ; y de 483, g para la población. Gall obtuvo en 16 meses 757 g y 593 g en dos poblaciones genéticamente distintas a temperaturas más bajas. Teniendo en cuenta este dato y la cantidad y baja calidad de la alimentación que se tiene en Apulco que es susceptible de ser mejorada, se pueden superar los resultados de Gall. Esto porque las temperaturas no son tan bajas y son mejores para el crecimiento de juveniles y adultos. Además se pueden obtener mejores resultados en la ganancia de peso cambiando la rutina de alimentación y la calidad del alimento suministrado (Marín, 1986)

La temperatura se considera adecuada para el crecimiento ya que la experiencia de Shepherd y Bromage (1989) así lo indica. Por otra parte, Villareal (1988) considera que la temperatura óptima para el crecimiento y engorda es de 15°-19°C, por lo que la temperatura en Apulco está dentro de lo aconsejable.

Respecto a los otros parámetros fisicoquímicos el O_2 disuelto, la dureza y el pH están dentro de los límites de los requerimientos sugeridos por Villareal (1988).

Brett (1979) considera que las tasas de crecimiento se reducen mucho al iniciar la madurez. Este fenómeno puede dar lugar a un pez de rápido crecimiento inicial el cual madura en una edad temprana, siendo sobrepasado posteriormente por peces de

crecimiento lento cuando ya están alcanzando la longitud infinita. Se demuestra con esto que las diferencias en las tasas de crecimiento establecidas en los peces jóvenes no necesariamente persisten a lo largo de su vida. Lo cual se observa en los valores de tasas instantáneas de crecimiento obtenidas en este trabajo. Las tasas son más grandes en los organismos más jóvenes en comparación con los que tienen más de 36 y 48 meses.

El principal motivo por lo que usualmente se hacen análisis de frecuencias de longitud ha sido el de determinar la distribución de las edades del pez (Schnute y Fournier, 1980). Para los propósitos de manipulación es importante conocer la composición de edades para predecir el estado de la población en el futuro.

Es importante señalar que en este estudio las truchas tienen mayor longitud y peso de la talla comercial que es de 200 a 250 mm o de 250 a 300 g. Esto porque debido a lo anteriormente expuesto de que el crecimiento en las distintas etapas del desarrollo es diferente, los criterios que deben tomarse en cuenta para el análisis de poblaciones deben considerar la edad y talla de las truchas. Es decir, que las estrategias para obtener resultados óptimos del cultivo de trucha son diferentes cuando se habla de juveniles para llevarlos a la talla comercial, que de adultos reproductores de los cuales se desea obtener mayores ventajas genéticas y de producción de huevos fertilizados.

El análisis en este trabajo se hace en base a la observación de una parte de la curva de crecimiento que describiría todo el ciclo de vida de los organismos en los diferentes grupos de edad. Debido a que las interpretaciones de las partes de las curvas que se analizaron en este trabajo, fueron construidas con datos reales, las extrapolaciones hacia uno o hacia otro lado de la curvas quedan bajo el criterio de quien las realice y deberán basarse en experiencias anteriores en ese rango.

Esta descripción del crecimiento por medio de la ecuación de Von Bertalanffy se ha hecho en base a las longitudes promedio para cada grupo de edad. Como es de suponerse organismos de la misma edad no siempre tienen la misma longitud así como organismos con la misma longitud no tienen la misma edad. Si ese fuera el caso, los análisis de frecuencia de longitud serían triviales. Se puede observar en las gráficas de relación $W-LT$ donde hay organismos que tienen la misma longitud y no el mismo peso y viceversa. Esto nos está hablando de que entre la población hay diferencias físicas en los individuos. Por lo que es importante recalcar que en este análisis se consideró una longitud promedio de cada grupo y los resultados se indican de esa forma para las hembras, machos y población.

VIII. CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados se indican los logros del presente trabajo.

- El análisis de la estructura poblacional de la trucha arcoiris en la PíCIFactoría Apulco en el estado de Puebla, en base a los registros de talla y edad de 1985 a 1988 indica que el crecimiento en longitud y peso de truchas en 16 meses es bueno al compararlo con análisis anteriores en otras localidades.
- El crecimiento fue mayor en las hembras que en los machos de la misma edad (24 y 48 meses) durante 1985 a 1988.
- Las ecuaciones obtenidas del análisis del crecimiento poblacional son las siguientes:
 - hembras 1985: $\ln P = -11.67590 + 3.08732 (\ln LT)$
 - machos 1985: $\ln P = -13.00966 + 3.31154 (\ln LT)$
 - población 1985: $\ln P = -12.25316 + 3.18420 (\ln LT)$
 - hembras 1986: $\ln P = -7.93265 + 2.44841 (\ln LT)$
 - machos 1986: $\ln P = -7.84667 + 2.43514 (\ln LT)$
 - población 1986: $\ln P = -10.36917 + 2.86116 (\ln LT)$
 - hembras 1987: $\ln P = -9.30967 + 2.69703 (\ln LT)$
 - machos 1987: $\ln P = -7.09589 + 2.33399 (\ln LT)$
 - población 1987: $\ln P = -11.39888 + 3.04894 (\ln LT)$
 - hembras 1988: $\ln P = -9.69885 + 2.76924 (\ln LT)$
 - machos 1988: $\ln P = -8.60772 + 2.58257 (\ln LT)$
 - población 1988: $\ln P = -11.44374 + 3.05658 (\ln LT)$
- Son dos estrategias de cultivo diferentes las que se deben seguir para llevar a los juveniles a la talla comercial y a los adultos reproductores para un mejor rendimiento en número de huevos fertilizados.

- La actual producción de trucha en nuestro país está por debajo de lo que se puede producir en las instalaciones que ya existen.
- Con la actual infraestructura la Piscifactoría Apulco puede mantener un cultivo de ciclo completo para la producción de crías y de carne de trucha.
- El valor de la producción de crías de truchas en un ciclo es mayor al de la producción de huevos de trucha.

IX. RECOMENDACIONES

- El crecimiento en talla de la truchas puede mejorarse si se realizan cambios en la estrategia de alimentación, principalmente en la cantidad y calidad de este.
- La producción de trucha en nuestro país puede incrementarse si se asesora adecuadamente a las granjas con baja producción. Esto traería consigo beneficios tanto económicos como sociales.
- Es necesario incrementar el conocimiento del crecimiento de juveniles a talla comercial para desarrollar técnicas adecuadas para obtener un mayor rendimiento y por consiguiente una mayor producción.
- Un objetivo futuro sería el de obtener producción de huevo no sólo durante el invierno, sino durante todo el año utilizando técnicas adecuadas como el cambio de fotoperiodo.

X. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Arredondo, J.L. 1983. Especies animales acuáticas de importancia comercial introducidas en México. Biotica 8 (2): 175-199.
- Austreng, E., Storebakken T. y T. Asgård. 1987. Growth rate estimates for cultured Atlantic salmon and rainbow trout. Aquaculture, 60: 157-160.
- Billard, R. 1989. Taxonomic change in rainbow trout scientific name. Aquat. Living Resour. 2 (4): Editorial.
- Beverton, J.H. y S.J. Holt. 1965. On the dynamics of exploited fish populations. Fisheries Invest. HMSO, Series II, Vol. 19. London. 553 pp.
- Brett, J.R. 1979. Environmental factors and growth. En Fish Physiology. Vol. VIII. Bioenergetics and growth. Academic Press Inc. Orlando. 599-675.
- Cházari, E. 1884. Piscicultura en agua dulce. Ofic. Tip. de la Secretaria de Fomento. México, D.F.
- Conrad, Jim. 1990. A rainbow trout farm in Mexico's highlands. Aquaculture Magazine, 16 (1):
- Gall, A.E. y S.J. Gross. 1978. Genetic studies of growth in domesticated rainbow trout. Aquaculture, 13: 225-234.

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Inst. Geog. UNAM. 246 pp.
- Glenn, C.L. y A.O. Bush. 1989. Survival and growth of rainbow trout and brown trout in farms dugouts and winterkill lakes. Prog. Fish. Cult. 51: 121-126.
- Gulland, J.A. 1983. Fish stock assessment. FAO/Wiley Series on Food and Agriculture. Vol 1. England. 223 pp.
- Klupp, R. 1979. Genetic variance for growth in rainbow trout. Aquaculture, 18: 123-134.
- Lair, L.M. y T. Needham. Ed. 1988. Salmon and trout farming. Ellis Horwood Ltd. London. 271 pp.
- MacCrimmon, H.R. 1971. World distribution of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Bd. Can. 28: 663-704.
- MacDonald, P.D. 1987. Analysis of length-frequency distributions. 371-384. En Summerfelt, R.C. y G.E. Hall. Eds. Age and growth of fish. The Iowa University Press. Ames, Iowa.
- Marin, H.J., 1986. Cultivo experimental de trucha arcoiris (*Salmo gairdneri*, Richardson 1860) en jaulas flotantes en la laguna de Quechulac, Puebla, México. Tesis de Lic. Fac. Cienc. Biol. Univ. Veracruzana.

- Moreau, J. 1987. Mathematical and biological expression of growth of fishes: Recent trends and further development. 81-126. En Summerfelt, R.C. y G.E. Hall. Eds. Age and growth of fish. The Iowa University Press. Ames, Iowa.
- Muir, J.F. y R.J.Roberts. Eds. 1988. Recent advances in Aquaculture. Vol.3. Croom Helm Ltd. Cambridge.
- Ortega-Salas A.A. 1981. Biology of the dab *Limanda limanda* (L) in Isle of Man waters. Ph.D. Thesis Liverpool.
- Ortega-Salas A.A. 1988. Age and growth of the dab, *Limanda limanda* (Linnaeus) in Isle of Man waters, U.K. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, 15 (1): 1-18.
- Papst, M.H., Ayles, G.B. y S. Uraivan. 1982. A model for estimating the growth of cultured rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 1088. Winnipeg. 10 pp.
- Papst, M.H. y G.E. Hopky. 1982. Growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*, Richardson) in a pilot commercial rearing system. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 1112. Winnipeg. 18 pp.
- Reyes, B.H., Ortega-Salas A.A., Diaz, H.L. y J. Marin. 1986. Determinación de la reproducción de trucha arcoiris en la Piscifactoría Apulco. Eue. Primer Simposio Nal. de Acuacultura.

- Ricker, W.E. 1979. Growth rates and models, en Fish Physiology. Vol. VIII. Bioenergetics and growth. Academic Press Inc. Orlando. 677-743.
- Schnute, J. y D. Fournier. 1980. A new approach to length-frequency analysis: growth structure. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 1337-1351.
- Shepherd, J. y N. Bromage. Eds. 1989. Intensive Fish Farming. BSP Professional Books. Oxford. 404 pp.
- Trout News. May 1987 (2): 22. December 1988 (7): 18.
- Stevenson, J.P. 1987. Trout farming manual. Fishing News Books Ltd. Surrey. 258 pp.
- Velázquez, M.A. y M.R. Espinosa. 1989. Diagnosís del estado actual del cultivo de la trucha arcoiris en México. SEPESCA. 73 pp.
- Villareal, O. A. 1988. Centro acuicola Matzinga, productor de trucha arcoiris. Acuavisión. (12): 10-11.
- Weatherley, A.H. y H.S. Gill. 1987. The biology of fish growth. Academic Press. London. 443 pp.

APENDICE I

Cambio de nombre científico de la trucha arcoiris

En 1989 el nombre científico Salmo gairdneri (Richardson, 1836) atribuido a la trucha arcoiris fue cambiado por el de Oncorhynchus mykiss (Walbaum, 1792). Smith y Stearley (Billard, 1989) dan evidencia indiscutible de que el nombre para la trucha arcoiris debe ser Oncorhynchus mykiss en lugar de Salmo gairdneri. Esta decisión se apoya en argumentos de osteología (cresta palatina, postorbitales y dentaria entre otras), bioquímica, cambios hormonales, historia de vida y temporada de desove. El cambio ha sido aceptado por la American Fisheries Society y el Comité de Nombres de Peces de la American Society of Ichthyologists and Herpetologists (Billard, 1989).

Este cambio indica que la trucha arcoiris está más estrechamente relacionada con las especies del salmón del Pacífico Oncorhynchus que con las especies del género Salmo del Atlántico, en las cuales se incluye al salmón del Atlántico S. salar y la trucha café S. trutta.

Aunque este cambio de nombre causará un poco de confusión durante corto tiempo, se espera que en el futuro habrá mayor claridad y estabilidad en su utilización.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

