

81  
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**

**"EVALUACION DE LOS EFECTOS DE DOS TIPOS DE ALIMENTOS  
BALANCEADOS EN EL CULTIVO INTENSO DE TRUCHA ARCO IRIS  
(Oncorhynchus mykiss) EN LA GRANJA DE MALINALCO,  
EDO. DE MEXICO"**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**  
**B I O L O G O**  
**P R E S E N T A N:**  
**LAURA FERMINA HERNANDEZ LASTIRI**  
**HECTOR RODOLFO VALDIVIA SOTO**



**DIRECTOR DE TESIS:**  
**BIOL. MIGUEL MEDINA GARCIA**

**MEXICO, D. F.**

**1994**

**TESIS CON  
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.

CIUDAD UNIVERSITARIA

FACULTAD DE CIENCIAS  
División de Estudios  
Profesionales  
Exp. Núm. 55



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

M. EN C. VIRGINIA ABRIN BATULE  
Jefe de la División de Estudios Profesionales  
Universidad Nacional Autónoma de México.  
P r e s e n t e .

Por medio de la presente, nos permitimos informar a Usted, que habiendo  
revisado el trabajo de tesis que realizaron los pasante a

Laura Fermín Hernández Lastiri y Hector Rodolfo Valdivia Soto  
con número de cuenta 8042465-1; 7932060 con el título:

"EVALUACION DE LOS EFECTOS DE DOS TIPOS DE ALIMENTOS  
BALANCEADOS EN EL CULTIVO INTENSIVO DE TRUCHA ARCO IRIS  
(ONCORHYNCHUS MYKISS) EN LA GRANJA DE MALINALCO, EDO. DE MEXICO."

Consideramos que reúne a los méritos necesarios para que pueda conti-  
nuar el trámite de su Examen Profesional para obtener el título de -  
BIOLOGO.

GRADO NOMBRE Y APELLIDOS COMPLETOS

FIRMA

BIOL. MIGUEL MEDINA GARCIA

Director de Tesis  
M. EN C. SILVIA TORAL ALMAZAN

BIOL. YADIRA RUFINO GONZALEZ

BIOL. ROSA MARTHA ORTEGA LOJERO

Suplente  
M. EN C. MARIA TERESA HERNANDEZ GOMEZ  
Suplente

Ciudad Universitaria, D.F., a 20 de Junio de 1994

**A mis amados padres Tina y Cali:**

Gracias Mami y Papi por sus grandes esfuerzos y sacrificios en su afán por darme lo mejor y por depositar su confianza en mí, desde el momento en que tuve que separarme de ustedes. Los admiro y respeto.

**A mis hermanos Lucy, Sam y Alejandra:**

Que con su infinito apoyo, valiosa ayuda, consejos y constantes motivaciones me alentaron a seguir adelante.

Gracias, los quiero y admiro.

**A Pepe y Nico:**

Queridos hermanos, permanescamos siempre unidos.

**Memo:**

Hoy y siempre te esperamos.

**A mis sobrinos:**

Que el presente trabajo motive en ustedes el deseo de continuar y culminar las metas propuestas.

Laura

**A ti, Rodolfo:**

**Que has permanecido a mi lado en todo momento, por tu compañía, ayuda incondicional y tu cariño, gracias.**

**Continúa, no te detengas...**

**Gracias compañera mía, te quiero...**



**Laura**

A la memoria de mi **Padre** y mi **Hermano**, los que siempre me acompañan.

A **Puchi**, que en mis desfallecimientos siempre me alentó con su mirada.

Gracias **Madre** por tu amor, sacrificio, esfuerzo y dedicación, por brindarme lo mejor de tí para mi formación como profesionista y como persona. Te rindo mi admiración y respeto.

**Lina** y **Enrique** los que siempre están al pendiente de mi, gracias.

A **Alberto**, por sus consejos, críticas y experiencias vividas de las que me ha hecho partícipe y que ayudaron a la elaboración de este documento, además de su constante apoyo.

**Pili**, por sus desvelos, tiempo y paciencia que me tuvo durante la realización de este trabajo.

A mis cuñados **Gaby** y **Toño**, mis sobrinos **Henry**, **Lin** y **Vane** por su amor y comprensión.

A **Dulce**, que en mis ratos de soledad y desesperación me acompaña.

A **Laura**, mi eterna compañera a quien le agradezco su esfuerzo, dedicación y paciencia que me tiene, ya que sin ella no hubiera sido posible la finalización de este trabajo.

**Rodolfo**

**Al Biólogo Miguel Medina García:**

A quien agradecemos su invaluable aportación de conocimientos en nuestra formación académica, así como el que se hiciera posible la realización de este trabajo bajo su dirección.

Gracias por permitirnos conocerle en el ámbito profesional y como persona.

**A la Bióloga Esther Kuri Nivón:**

Quien participó en nuestra formación académica y por sus observaciones hechas al presente trabajo.

También le agradecemos el que nos haya permitido conocerle y tratarle, de manera personal gracias por sus críticas y consejos.

**A ambos gracias por su Amistad.**

## **AGRADECIMIENTOS**

- A las M. en C. Silvia Toral Almazán y María Teresa Hernández Gómez, y a la Bióloga Rosa Martha Ortega Lojero, quienes participaron en nuestra vida académica dedicando su tiempo y conocimientos, agradecemos sus críticas y observaciones para la elaboración de este trabajo.

- A la Bióloga Yadira Rufino González que conviviste con nosotros durante la Carrera, agradecemos tu tiempo y dedicación en el presente trabajo.

- A la Ing. María del Pilar Valdivia Soto, agradecemos su valiosa y apreciable ayuda.

- A Ismael Medina Kuri, gracias por tu Amistad y grata hospitalidad, deseando que sigas adelante.

- Al M. en C. Ing. Armando Baez Pedrajo, Jefe del Laboratorio de Química Atmosférica del Instituto de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, por sus atenciones.

- Al Lic. José Luis García, Secretario de Servicios Estudiantiles del Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Vallejo, por su apreciable ayuda.

## RESUMEN

Se realizó la evaluación de dos tipos de alimento balanceado, pelet y extruido, en lotes de trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*), utilizando canales de corriente rápida en la Granja Trulícola de Malinalco, Edo. de México.

En base a los parámetros poblacionales Tasa Instantánea de Crecimiento (TIC) y Tasa Instantánea de mortalidad (TIM) y los indicadores poblacionales Factor de Conversión de Alimento (FCA), Factor de Condición y Factor de Conversión de Alimento Económico (FCAe) obtenidos para ambas dietas, se determinó que alimento mostró mejores efectos en las poblaciones sometidas a prueba. De tal manera que los animales alimentados con peletizado presentaron la mayor Tasa Instantánea de Crecimiento a lo largo de todo el experimento, con valores bajos de Factor de Conversión de Alimento y a un menor costo.

Con respecto a la Tasa Instantánea de Mortalidad se mostraron comportamientos similares entre las dietas, con valores bajos por lo que se consideró no influyeron de manera significativa en los otros indicadores poblacionales.

INDICE.	PAG.
I. INTRODUCCION.....	1
II. ANTECEDENTES.....	4
III. OBJETIVOS.....	53
IV. AREA DE ESTUDIO.....	54
V. METODOLOGIA.....	57
VI. RESULTADOS.....	65
VII. DISCUSION.....	71
VIII. CONCLUSIONES.....	81
IX. RECOMENDACIONES.....	82
X. LITERATURA CITADA.....	83

## I. INTRODUCCION.

El cultivo de las truchas o truticultura, es una actividad que se ha desarrollado y expandido en las aguas frías de todo el mundo, como consecuencia de la introducción en Europa, Oriente y países Latinoamericanos. Las principales especies de truchas cultivadas son: trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*), trucha común (*Salmo trutta*) y trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*); de las cuales la trucha arco-iris es la especie de los salmónidos mas ampliamente distribuida y cultivada, ya que ha mostrado mayor adaptabilidad a las condiciones dominantes de los lagos, ríos y arroyos existentes en nuestro país. Se tienen referencias de que para su cultivo fue introducida a finales del siglo XIX, a través de la importación de huevecillos adquiridos en los Estados Unidos de Norteamérica (Arredondo, 1983).

Esta especie es originaria de la vertiente pacífica de América del Norte y su distribución natural abarca desde el mar de Behring hasta nuestro país, en los estados de Durango, Sinaloa, Chihuahua, Baja California y Sonora (Ramírez y Sevilla, 1962) en los ríos Culiacán, Truchas, Tabacatiado y Hondo.

Los reportes del cultivo de la trucha arco-iris en el país, datan de 1961, en donde Obregón cita que en 1839 el vivero nacional de Chimaleapan, Edo. de México, contaba ya con esta especie, posteriormente en 1937 con la construcción de la estación piscícola de Almoloya del Río y de la piscícola del Zarco, D.F., inaugurada en 1943 (Velázquez y Espinoza, 1989), se inicia el desarrollo del cultivo extensivo incrementándose las operaciones de siembra y repoblación de las aguas interiores adecuadas para ello, con lo que se amplio su distribución geográfica en el país (Ramírez y Sevilla, op cit; Arredondo, op cit), existiendo poblaciones de trucha en los estados de Chiapas, Hidalgo, Jalisco, Edo. de México, Baja California, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Veracruz, Tamaulipas, Tlaxcala, Guerrero, Coahuila, Sonora, Guanajuato y D.F.

A partir de 1977 la acuicultura nacional recibe un fuerte impulso, y la Dirección General de Acuicultura plantea acciones orientadas a diagnosticar y evaluar el estado de desarrollo técnico, económico y social, tanto de la operación como de la organización de los centros acuícolas y de las unidades

de producción donde actualmente se desarrolla este cultivo (Velázquez y Espinoza, op cit).

En nuestro país son nueve las entidades federativas en donde se desarrollan cultivos intensivos, semintensivos y extensivos de trucha arco-iris *Oncorhynchus mykiss* (Smith y Stearley, 1989): Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Edo. de México, Michoacán, Oaxaca, Puebla y Veracruz, reportándose en operación 167 unidades de producción, al sector social le corresponden el 78.4 % del total y al sector privado el restante 21.6% (Velázquez y Espinoza, op cit). Desde el punto de vista productivo, se reconoce que se siguen dos estrategias en el cultivo de la trucha arco-iris en unidades de producción: de autoconsumo y la llamada comercial o industrial.

En México, es una de las especies dulceacuícolas que ha adquirido especial interés, ya que contamos con aguas propias para su cultivo, aunado al conocimiento de su biotecnología, figura entre uno de los peces mas finos y con alto contenido protéico, constituyendo una valiosa alternativa para la producción de alimentos con alto valor nutritivo, por lo que se considera un producto de gran potencial comercial (Aguilera y Noriega, 1986; Marín y Martínez, 1988), con gran demanda principalmente en los mercados selectos, restaurantes y la industria turística.

A pesar de la importancia creciente del cultivo se presentan problemas casi en forma permanente, destacando entre ellas la producción de crías, alimento, alimentación, asistencia técnica, capacitación, comercialización aunado a la falta de educación para el consumo de pescado e infraestructura adecuada.

Independientemente de que la empresa productora de que se trate sea o no con fines comerciales, se debe garantizar la rentabilidad del sistema. En algunos de ellos se tienen rentabilidades aceptables, en otros la relación beneficio-costo se encuentra alrededor de los puntos de equilibrio y en otros más no se encuentran niveles de rentabilidad (Medina-García, en proceso). En el caso de proyectos con fines sociales la rentabilidad puede medirse en ingreso de proteína animal, ingreso por consumo domestico, etc. Dentro de este esquema la alimentación juega un papel importante ya que el alimento es uno de los factores que se manejan o controlan en acuicultura intensiva para el desarrollo y crecimiento de los organismos. En la generalidad de los casos, los costos de operación de alimentos adicionados llegan a representar entre el

40 y 60 % (Pillay, 1983), de aquí que las estrategias para la integración de parámetros poblacionales con el fin de obtener la rentabilidad de un sistema se enfocan considerablemente al aspecto alimento, por lo que en una evaluación de alimentos lo mejor es determinar sus efectos en el organismo (Halver, 1972).

## II. ANTECEDENTES.

### 2.1. Generalidades de la especie.

#### 2.1.1. Diagnósis.

En la familia Salmonidae se incluyen los peces llamados truchas y salmones. El nombre científico de la trucha arco-iris era *Salmo gairdneri*, pero debido a la reordenación de su nomenclatura se cambió género y especie según Smith y Stearley (1989) al de *Oncorhynchus mykiss*.

La longitud promedio de ésta especie es de 40 a 60 cm. con un peso promedio de 3.0 kg. en su tamaño adulto, llegándose a encontrar algunos de más de un metro y con un peso de hasta 4.0 kg. (SEPECSA, 1981). Se caracteriza por tener un cuerpo alargado, en forma de torpedo, ligeramente aplanado o comprimido lateralmente, se distingue de las demás especies del género *Salmo* por sus pequeñas y numerosas manchas oscuras y por tener escamas de menor tamaño; y sobre todo por la línea iridiscente que recorre el cuerpo, misma que varía su color en función del medio, la talla, sexo y grado de maduración. La cabeza comprende el 20% de la longitud total, boca grande con terminación ligeramente oblicua y mandíbula inferior dirigida hacia arriba, siendo más evidente en los machos. Las dos mandíbulas presentan dientes bien desarrollados, así como en el vómer, palatino y lengua. De 17 a 22 branquiespinas, de 6 a 9 en la rama superior y de 11 a 13 en la rama inferior. Aleta dorsal a mitad del cuerpo, con radios blandos de 10 a 12 principales, aleta adiposa (Rosas-Moreno, 1972); aleta caudal grande moderadamente furcada, aleta anal con 8 a 12 radios, aletas abdominales pequeñas y aletas pectorales no largas, puntiagudas con 11 a 17 radios. Línea lateral completa ligeramente encorvada; de 100 a 150 escamas perforadas en la línea lateral.

### 2.1.2. Hábitat

En forma natural habita en lagos, ríos y arroyos de aguas corrientes, frías, cristalinas y oxigenadas de las zonas montañosas de nuestro país ubicadas a más de 2000 m. de altitud (SEPESCA, 1981); en zonas tropicales y subtropicales habita arroyos de aguas corrientes, pero en zonas de gran altitud a 1500 m.s.n.m. cuyas temperaturas en los meses más cálidos no rebasan los 21.0° C (Orbe y Cepeda, 1982).

Es un pez de superficie que habita cuerpos de agua lóticos (corrientes) poco profundos, de 1.0 a 3.0 m. El fondo del cuerpo de agua debe ser preferentemente de grava o arena, ya que son los más favorables para su reproducción. En el hábitat se encuentran organismos vegetales y animales como son: bacterias, algas macrófitas, protozoarios, rotíferos, microcrustáceos (copépodos y cladóceros) e insectos. La vegetación que circunda el área ecológica es la que corresponde a las coníferas, los pastos se encuentran protegiendo de la erosión las laderas de los lagos y arroyos, lo que hace que el agua se conserve cristalina. La eliminación de esos pastos traería como consecuencia la inconsistencia del suelo y el enturbiamiento del agua, lo que resultaría desfavorable para el desarrollo de las truchas (SEPESCA, 1981).

Los depredadores que más afectan a la trucha son las tortugas y algunos mamíferos como las nutrias, osos, mapaches, etc.

### 2.1.3. Hábitos alimenticios.

El régimen de la trucha es carnívoro en sentido general, aunque su especialidad es insectívora, con frecuencia se le ve saltando en persecución de insectos. Durante la primera edad, consumidas las reservas de su saco vitelino, se alimenta de zooplancton, pero luego incorpora a su sustento pececillos vivos, insectos nadadores y sus larvas, así como moluscos y crustáceos de escaso tamaño. Es sumamente voraz y el consumo del alimento varía de acuerdo con el tamaño del organismo, estación del año y características del agua (Ramírez y Sevilla, 1962). En cuerpos de aguas naturales, dada su voracidad, no se puede especificar cuántas veces come al

día, pero se observa una gran actividad al amanecer y atardecer que es cuando los insectos voladores se acercan a la superficie y a las orillas (Bernard y Holmstrom, 1978).

Bajo condiciones de cultivo las truchas son alimentadas con alimentos manufacturados principalmente con proteínas animales, porque éstos contienen niveles adecuados de aminoácidos esenciales, necesarios en la síntesis protéica que promueven el rápido crecimiento (Rodríguez, 1975).

#### 2.1.4. Desarrollo y Crecimiento.

Como en la mayoría de los peces, en la trucha arco-iris la fecundación es externa. La madurez sexual es alcanzada en menor tiempo en los machos que en las hembras.

Las hembras son sexualmente maduras a los dos años de edad, mientras que en los machos en el primer año. Este fenómeno está en relación con la temperatura, disponibilidad del alimento, etc. Cuando las hembras no se encuentran en las condiciones adecuadas para la reproducción, no desovan por si mismas, por lo que su organismo absorbe los óvulos producidos, cuando esto no sucede ocasiona la muerte del ejemplar por acumulación de dos y hasta tres generaciones de huevecillos (Orbe y Cepeda, 1982).

El período de reproducción de la trucha en la República Mexicana se lleva a cabo en los meses de noviembre a febrero.

Las etapas por las que atraviesa durante su desarrollo son: huevo, alevín, cría, juvenil y adulto. En la tabla 1 se presentan tallas y pesos estimados para cada fase, los que están sujetos a las condiciones del medio, alimento, etc., por lo que pueden alcanzarse en mayor o menor tiempo.

ESTADIO	TALLA (cm.)	PESO (g.)	TIEMPO (días)
Huevo	0.35 - 0.50		30
Alevín	1.5 - 2.0		60
Cría	2.1 - 15.0	0.7 - 40.0	120
Juvenil	15.1 - 20.0	40.0 - 90.0	300
Adulto	20.1 - 30.0	90.0 - 300.0	720

Tabla 1. Etapas de desarrollo de la trucha arco-iris.

Fuente: Deplo. de Pesca, 1981.

### 2.1.5. Rangos de tolerancia.

La calidad del agua está dada por una serie de parámetros que ejercen una acción simultánea sobre la misma calidad del agua y el desarrollo de los peces cultivados de los cuales la temperatura, pH, amonio y oxígeno disuelto son los más importantes (Tabla 2).

#### a. Temperatura.

La tasa metabólica del pez, el cual es un animal ectotérmico, está en relación con la temperatura corporal. Dado que la temperatura del cuerpo se mantiene cercana a la del agua, la tasa metabólica se ve alterada cuando hay cambios de éste parámetro, que varía a lo largo del día y la noche y entre una estación y otra a lo largo del año.

La Tasa Metabólica Basal (Basic Metabolic Rate; BMR) se define como el oxígeno consumido por unidad de tiempo cuando el animal está en reposo. En el caso de peces, pequeños cambios en la temperatura del agua pueden causar grandes cambios en la BMR. Es difícil saber cuando un pez está en reposo, y por esto, se usa una Tasa Metabólica Estandar (Standar Metabolic Rate; SMR) y por consiguiente se designa una Temperatura Ambiental Estandar (Standar Environmental Temperature; SET) para cada especie

(National Academy of Sciences, 1973), que es la temperatura a la cual todos los sistemas fisiológicos operan óptimamente y están los rangos máximos y mínimos en los cuales los peces se ven alterados en su metabolismo. Para la trucha arco-iris la SET es de 15.0° C (Klontz, 1989) y los niveles máximos y mínimos son 20.0 y 2.0° C respectivamente.

Los cambios graduales de la temperatura del agua rara vez producen un problema de salud en los peces, pero los cambios bruscos pueden provocar un estrés grave, lo suficientemente grande para reducir la resistencia a enfermedades y aumentar la susceptibilidad a infecciones.

También se ha visto que la digestibilidad de los nutrientes, entre otros factores depende de la temperatura del agua; truchas pequeñas a 7.0° C muestran baja digestibilidad de carbohidratos, esto parece estar relacionado con la reducción de la actividad enzimática por efecto de la temperatura (Windell et al., 1978). La temperatura óptima para la asimilación de la amilasa en truchas es de un rango de 20.0 a 25.0° C (Kitamikado y Tachino, 1960a).

#### b. pH.

El agua al correr por el suelo atrapa sales y así llega al estanque; es por ello que la calidad química del agua depende de la naturaleza del terreno sobre el que ha corrido y en el cual está asentado el cuerpo de agua, dando lugar a aguas ácidas o alcalinas.

El rápido crecimiento industrial, el desarrollo urbano, aunado a la explotación minera, está dando como resultado la producción de aguas de desecho las cuales directa o indirectamente fluyen a los cuerpos de agua. Desafortunadamente, esto incrementa significativamente la acidificación en lagos y ríos. De éste modo, el cambio de los niveles de pH en el agua afecta el desarrollo de los embriones, susceptibilidad a enfermedades, al crecimiento y la reproducción. Es recomendable un pH de 7.2 para un cultivo intensivo de trucha, los extremos permisibles son de 6.8 a 8.4 (García y Martínez, 1979).

Kwain (1975), reporta que la mortalidad en embriones de truchas arco-iris se eleva con el decremento de los valores de pH; en un rango de 3.0 a 6.0 no habiendo sobrevivencia a un pH menor de 4.5. Es decir, que la tasa de

mortalidad se incrementó de acuerdo al aumento en la concentración ácida del agua.

Pickering (1981) menciona la falta de atención a los efectos del estrés en el sistema endocrino de peces; sin embargo, hay indicadores de que el sistema tiroidal de peces tiene respuesta tanto al estresamiento crónico como al agudo (Osborn y Simpson, 1974; Simpson, 1976; Brown *et al.*, 1978; Leatherland y Sonstegard, 1978; Eales, 1979); porque se requiere de una adecuada actividad de la tiroides para un crecimiento normal y para la reproducción (Sage, 1973; Eales, 1979; Leatherland, 1982; Higgs *et al.*, 1982), y para el mantenimiento de la concentración de sodio en torrente sanguíneo y balance osmótico (Knoepfel *et al.*, 1982).

Brown *et al.* (1984) realizan un estudio con trucha arco-iris en el cual a un pH de 5.2 el nivel de cortisol aumenta en el plasma, así como en el riñón se pierde el equilibrio osmótico, e incrementa la mortalidad después de 18 días. Los niveles de proteína en plasma aumentan después de 16 días; la causa por la que aumentan se cree que está relacionada con el cambio de acidificación del medio (estrés) (Spry *et al.*, 1981); Milligan y Wood (1982), encontraron que tres días de exponer la trucha en agua ácida (pH 4.0-4.5) reduce el volumen de plasma un 27% e incrementa el de la proteína en un 90%. A un pH menor de 4.7 ocurre hiperplasia interrenal e incrementa la actividad mitótica y hay hipertrofia nuclear.

Jordan y Lloyd (1964), estudian el efecto de niveles altos de pH en crías de trucha arco-iris; usando niveles de 9.86, 9.91 y 10.13 durante 24 horas obteniendo el 50% de mortalidad en agua dura (320 mg./l de CaCO<sub>3</sub>). Witschi y Ziebell (1979), en cambio mencionan que a un pH de 10 ocurre el 95% de mortalidad al exponer las truchas durante 24 horas; 32% a un pH de 9.5 y del 12% a un pH de 9 después de 24 horas de exposición usando agua blanda (menos de 100 mg./l de CaCO<sub>3</sub>). El porcentaje de sobrevivencia en aguas ligeramente duras con un pH de 4.2 es del 50% (Brown *et al.*, 1984). También Brown y Bem (1989), reportaron cambios en la conducta de los peces los cuales dejan de comer a éste pH. Niveles bajos de pH incrementan la susceptibilidad del pez a adquirir enfermedades infecciosas y no infecciosas. También se incrementa el dióxido de carbono disuelto, ácidos minerales y ácidos orgánicos débiles todos ellos alteran la capacidad amortiguadora del agua (Klontz *et al.*, 1979).

Autor	Temperatura °C	O <sub>2</sub> mg/l	pH	Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub> mg/l	CO <sub>2</sub> mg/l	Ca mg/l	Amonio como NH <sub>3</sub> mg/l	Sólidos Disueltos mg/l
Wedemeyer y Wood, 1974, Fide Klontz, et al, 1979.	7.2 - 17.0	>5.0	6.7 - 9.0	20 - 200	<2.0	>52.0	<0.012	<400
Leitritz y Lewis, 1976.	7.0 - 18.0	8.0 - 12.0	6.7 - 8.2	5 - 31	2.0	-----	-----	-----
Orbe y Zepeda, 1982.	13.0 - 18.0	11.0 - 12.0	-----	-----	2.0	50.0	-----	-----
García y Martínez, 1979.	8.0 - 15.0	-----	7.2	-----	-----	-----	0.005 - 0.0075	50
FONDEPESCA SEPESCA, 1988.	10.0 - 18.0	5.5 - 7.0	6.5 - 8.0	5 - 31	-----	-----	-----	400
Klontz, 1989.	15.0	5.0	6.7 - 8.0	80 - 200	<2.0	>50.0	<0.03	<200

Tabla 2. Características físico-químicas del agua recomendadas para el cultivo de trucha arco-iris según distintos autores.

### c. Amonio

A medida que el agua pasa por una serie de estanques, el metabolismo de los peces reduce el contenido de oxígeno y agrega productos metabólicos al agua, como el amonio. Cuando el contenido de amonio sobrepasa a los  $0.03 \text{ mg/l}$  se reduce la tasa de crecimiento, se tiene lesiones en las branquias, tejido renal y hepático, su efecto es más drástico cuando se tienen bajas concentraciones de oxígeno, pH mayor de 8.0 (es más tóxico en soluciones alcalinas que en las ácidas) y alta dureza (SEPESCA, 1988).

En el agua el  $\text{NH}_3$  reacciona y forma  $\text{NH}_4\text{OH}$ , el que se disocia fácilmente produciendo los iones  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{OH}^-$ . La transformación del  $\text{NH}_3$  al  $\text{NH}_4^+$  es dependiente de la temperatura y del pH. La cantidad de  $\text{NH}_3$  es menor a valores de pH más bajos.

El ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) es relativamente inocuo al pez, pero el  $\text{NH}_3$  (amoníaco) es bastante tóxico conforme el pH incrementa. Otros factores que afectan la toxicidad del amoníaco son las concentraciones de  $\text{CO}_2$  y oxígeno disueltos. Como los peces espiran anhídrido carbónico, el pH del microambiente alrededor de la superficie de las agallas puede ser más ácido que el resto del agua. Sin embargo, si el nivel de oxígeno disuelto del agua disminuye, la cantidad de  $\text{CO}_2$  espirada decrece y el pH alrededor de la superficie de la agalla sube, aumentando la susceptibilidad del pez al amoníaco del agua.

Los peces difieren en su susceptibilidad al amoníaco, dependiendo de la especie de que se trate, para el caso de los salmónidos no debe ser mayor a  $0.03 \text{ mg/l}$ . El nivel de  $\text{NH}_3$  en el sistema está directamente relacionado con la tasa de alimentación y con la eficiencia dietética (Klontz, 1989).

Smith (1972), demostró que cantidades superiores a  $0.12 \text{ mg/l}$  como  $\text{NH}_3$  amonio ionizado causa cambios en el epitelio respiratorio, lo cual inhibe la velocidad de absorción del oxígeno y la tasa de crecimiento se reduce como consecuencia de éste proceso. El amoníaco también se oxida a nitrito, que a niveles superiores a  $0.55 \text{ mg/l}$  causa metahemoglobina, reduciendo así la capacidad de la sangre para transportar oxígeno (Smith *et al.*, 1974).

#### d. Oxígeno.

La concentración de oxígeno en el agua depende de factores ambientales, principalmente de la influencia de los vientos sobre la superficie, de la fotosíntesis (función que realiza el fitoplancton para producir el tejido vegetal que es el que sirve de alimento a los animales y el oxígeno es un gas que se produce en el proceso). Así también la altitud, encontrándose mayor concentración de oxígeno en el agua a menor altitud y la temperatura del agua que influye en la saturación de oxígeno; a medida que la temperatura asciende, el oxígeno tiende a salir del agua y cuando desciende, el O<sub>2</sub> tiende a solubilizarse en mayor grado

El tamaño del pez es determinante para estimar el requerimiento de oxígeno, siendo los alevines los de mayores necesidades vitales. La demanda de oxígeno también es regulada por la tasa metabólica, es decir, una tasa metabólica alta requiere de una mayor demanda de oxígeno. Los factores que influyen en la tasa metabólica son: temperatura del agua, velocidad del agua, y edad del organismo. Así también el consumo de O<sub>2</sub> varía de acuerdo a la actividad del pez y consumo de alimento, incrementándose en la época de reproducción (García y Martínez, 1979).

Cuando el metabolismo de los peces se ve aumentado, aumenta el consumo de alimento así como la demanda de oxígeno, por consiguiente la presencia de sólidos fecales y alimento no consumido o desperdiciado incrementan la demanda biológica de éste, ya que durante el proceso de descomposición hay consumo de oxígeno, reduciendo por consiguiente el disponible para los peces. De ahí la importancia de la eliminación de estos componentes para evitar un consumo de oxígeno y ocasionar que llegue a sus niveles críticos (Hipoxia).

Un estudio preliminar de los filamentos branquiales en la trucha muestra una acumulación significativa de hemoglobina durante la hipoxia (Soivio dato no publicado), las branquias sufren vasodilatación, decremento de hematocrito, incremento de volumen en el flujo de sangre y formación de edema y sangrado en el arco branquial (Soivio, Westman y Niholm, 1974b), el cual se debe a el aumento de presión de la sangre (Holeton y Randall, 1967; Stevens y Randall, 1967), y a la alta permeabilidad capilar del pez (Hargens et al., 1974).

Los niveles de 3.0 ppm. de oxígeno disuelto son letales para la trucha; durante el cultivo se debe prever que después de utilizada el agua por alguna población de peces, en ella haya un mínimo de 5.0 ppm. de oxígeno disuelto para ser reutilizada, (Klontz, com. pers.). Algunos autores como Wedemeyer y Wood (1974) recomiendan niveles de 7.0 y 7.8 ppm. de oxígeno disuelto como mínimo requerido para el cultivo de peces y de 10 a 11 ppm. como el óptimo (SEPESCA, 1988).

## 2.2. Requerimientos nutricionales.

En los cultivos de tipo intensivo que se practica con trucha y con cualquier especie en cultivo, es importante tener un conocimiento preciso de los requerimientos nutricionales o alimenticios que demandan las especies así como los efectos que produzcan en los organismos, de aquí que tenga gran importancia la realización de estudios comparativos entre alimentos empleados tradicionalmente y alimentos con nuevas formulaciones. El nutriólogo determina experimental y analíticamente las características que deben tener los alimentos, según la especie de que se trate y es mediante mecanismos de alimentación como se aplican tales conocimientos dentro de los sistemas productivos (Medina-García, en proceso). Aunado a esto se reconoce la falta de información sobre el coeficiente de digestibilidad específica de los ingredientes y mezclas de las dietas (Hastings, 1967; Nose, 1967; Phillips, 1969; Smith *et al.*, 1971; Smith y Lovell, 1973; Hastings y Dickie, 1972; Lee y Sinnhuber, 1972; Furukawa, 1976; Halver, 1976; Smith, 1971, 1976). Esta información es necesaria para determinar los efectos de la temperatura, talla corporal, tasa de alimentación y nivel nutricional (Hastings, 1969).

Los organismos necesitan energía para tres fines específicos:

- Crecimiento.
- Mantenimiento.
- Reproducción.

El crecimiento y engorda de un organismo es en la mayoría de los casos, el objetivo principal de la actividad acuícola y se define como el incremento corpóreo de los organismos debido a la transformación de nutrientes y su incorporación a los tejidos orgánicos (Lagler, 1956 y Vergara y de la Garza, 1988).

Mantenimiento es el conjunto de actividades cotidianas del organismo, las cuales demandan energía. Dentro de este concepto se agrupan: movimientos, actividades fisiológicas (digestión), actividad de captura de alimentos, de cortejo y puesta de huevos, etc. (Phillips, 1972). Los requerimientos para mantenimiento son la cantidad de nutrientes necesarios para conseguir o lograr un estado de equilibrio en el que no se ganan ni se pierden los nutrientes del cuerpo (Blaxter, 1972), éste es un continuo cambio de nutrientes en el pez, como el balance de grasa y proteína en carne e intestino de la trucha (Storebakken y Austreng, 1987).

La energía en la reproducción, requerida para la maduración de la gónada (Grodzinski, Klekowsky y Duncan, 1975) demanda una nutrición completa y específica, y en la medida que ésta sea de alta calidad, se lograra una reproducción exitosa.

La energía requerida para tales fines la obtienen mediante la alimentación y la respiración. El 70-80 % de la energía es utilizada para mantenimiento y una pequeña porción, 20-30% está realmente destinada al crecimiento (Phillips, 1972; National Academy of Science, 1973). Las interrelaciones de demanda de energía entre los tres fines mencionados varían en función de un gran número de parámetros dentro de los que destacan, (Phillips, op cit):

- La especie de que se trate.
- El tamaño del organismo.
- La edad del organismo.
- El tipo de alimento.
- La composición de la dieta.
- El período de ayuno.
- La actividad fisiológica.
- La actividad del pez.
- El sexo.

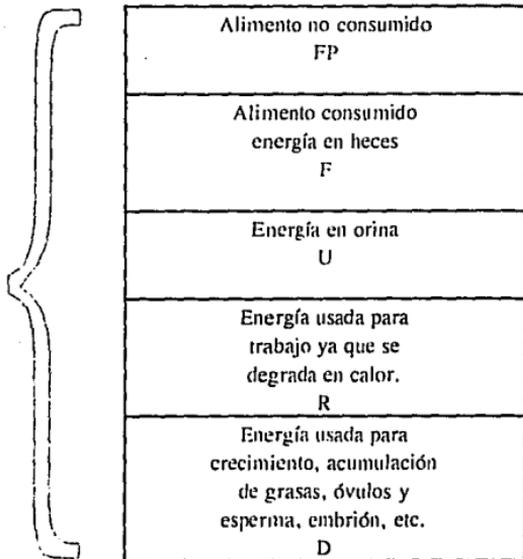
- La temperatura del agua.
- La exposición de la luz.
- La velocidad de la corriente.
- El nivel de toxinas del medio.
- Los cambios bruscos de dureza o salinidad

Cada uno de los factores anteriores tiene incidencia sobre la cantidad de energía que el organismo requiere. En la figura 1 se puede observar un esquema general del destino de la energía, en función de la cantidad de alimento a suministrar (Klekowsky y Duncan, 1975).

De dicha figura podemos observar que existe energía en el alimento suministrado que ni siquiera penetra en el organismo (Factor de pérdida: FP). Otra porción es consumida, pero sale del cuerpo en forma de heces y orina, ésta tampoco es empleada por los animales (FU). De la energía asimilada una porción se degrada en calor (R) y la otra es empleada por el organismo para crecimiento, acumulación de grasas y generación de gametos (D).

La trucha necesita en su dieta alimenticia proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales traza, en las cantidades adecuadas. Sin embargo, las principales fuentes de energía son las grasas, proteínas y carbohidratos.

CAS



$R + D$  = Cantidad de energía  
asimilada (Cae).

CAS = Cantidad de alimento  
suministrado.

Figura 1. Destino de la energía de los alimentos adicionados en los animales (modificado de Kleckowsky y Duncan, 1975).

## GRASAS

De manera natural, el contenido de grasa en el alimento va de un rango del 2 al 20% (Halver *et al.*, 1973). Los animales obtienen la grasa para satisfacer los requerimientos mediante: los alimentos, los cuales ya contienen grasa y las producidas por altos niveles de proteína, que incrementa la retención de

lípidos (Alexis *et al.*, 1986), y los excesos de proteínas y carbohidratos, que al ser desdoblados forman grasas y son usadas como energía, reserva, o son incorporadas dentro de los fosfolípidos en tejidos vitales. Grandes depósitos de lípidos son característicos en pruebas de alimentación con trucha arco-iris (Lee y Putnam, 1973; Takeuchi, Watanabe y Ogino, 1978); lo cual no es deseable, y una manera de reducir la cantidad de lípidos almacenados es disminuyendo la tasa de alimentación pero a expensas de bajar la tasa de crecimiento (Brett *et al.*, 1969).

La mayor parte de la grasa de la dieta es convertida en ácidos grasos y glicerol en el intestino delgado antes de la absorción. La facilidad de este proceso depende principalmente del punto de fusión de la grasa. Las grasas líquidas son de fácil digestión para el pez, la digestibilidad varía de 70 a 90% lo cual depende del punto de fusión y de la temperatura del cuerpo (Leitritz, 1959) en tanto que las grasas sólidas no son asimiladas eficientemente, tienen un alto punto de fusión (Halver *et al.*, 1973) y pueden retardar o impedir la asimilación de las proteínas y carbohidratos mediante el revestimiento o formación de capas en sus moléculas (Leitritz y Lewis, 1976). Esto las aísla de la acción de los ácidos y enzimas digestivas de las proteínas y los carbohidratos. Se cree que las grasas sólidas también disminuyen la habilidad para adaptarse a los cambios de la temperatura del agua.

El cuerpo utiliza las grasas para producir energía, aislante de las temperaturas, para protección de los órganos vitales y como un lubricante interno. También son almacenadas para usos posteriores y coadyuban a la absorción de vitaminas liposolubles. Nicolaidis y Woodal (1966), mostraron que la grasa es un elemento esencial para los salmónidos, ya que una dieta libre de grasa muestra una marcada despigmentación.

Un exceso de grasa en la dieta puede causar daño al cuerpo, importantes conversiones de los alimentos se efectúan en el hígado, la infiltración grasa de éste puede causar anemia dando lugar a la muerte del pez, asimismo depósito de grasa en riñones origina edema.

Las fuentes principales de grasa son la harina y aceite de pescado, harina de algodón, salvado de arroz, pescado fresco y carne, desperdicios de carne y huesos.

## PROTEINAS

El principal componente de los órganos del cuerpo, tejidos blandos y fluidos corporales, son las proteínas. La harina de sangre, por ejemplo, contiene 85% de proteína y la harina de hígado de res el 66% (Leitritz, 1959).

Las proteínas pueden servir como un recurso de energía para los peces, pero aproximadamente el 16% es Nitrógeno que no puede ser usado por lo que la proteína no es un eficiente recurso energético y solamente es usada si las grasas y carbohidratos son insuficientes. Además el uso de las proteínas como fuente de energía no es económico por ser el nutriente más caro de la dieta. La digestión divide a las proteínas en aminoácidos, estos pasan a través de la pared intestinal a la corriente sanguínea, son transportados al hígado y otras células del cuerpo donde son reconstruidos en proteínas de varios tipos. 10 de los 18 aminoácidos conocidos son esenciales en la dieta de la trucha; los otros 8 pueden ser elaborados en el cuerpo o no ser requeridos (Tabla 3).

Arginina	Histidina
Isoleucina	Leucina
Lisina	Metionina
Fenil alanina	Treonina
Triptofano	Valina
OTROS	
Tirosina	Glicina
Alanina	Acido Aspártico
Cistina	Acido Glutámico
Prolina	Serina

Tabla 3. Aminoácidos esenciales en la dieta de la trucha.

Fuente: Leitritz, 1959.

Las proteínas son utilizadas principalmente para el crecimiento y mantenimiento del tejido corporal, y los excesos de estas pueden utilizarse como energía o depositadas como grasa. En las dietas de trucha, la harina de pescado y otras proteínas de origen animal tienen valores de calidad más altos que las proteínas de origen vegetal. Se sabe que el contenido de aminoácidos de las proteínas es dañado por alta temperatura y el contenido proteico puede ser perdido por filtración.

El requerimiento proteico puede ser definido como la cantidad de proteína contenida en el alimento, la cual produce: un máximo crecimiento y máxima asimilación de proteína (Austreng y Refstie, 1979). Mientras más se asemeje una proteína a la que se encuentra en el animal tanto más es utilizada. Así que, el requerimiento proteico varía de acuerdo al contenido de aminoácidos (Mertz, 1969), digestibilidad de la proteína, la proporción proteína-energía (Combs et al., 1962; Fowler et al., 1964; Ringrose, 1971; Lee y Putnam, 1973; Gulbrandsen y Utne, 1977; Austreng, 1977, 1978a), temperatura del agua (DeLong et al., 1958), salinidad (Zeitoun et al., 1976), talla (Satia, 1974) y de la edad y especie del pez.

Las crías (desde su iniciación alimenticia hasta los 8 cm. de longitud total) requieren del 50 o 45%, los juveniles (8 a 20 cm.) requieren del 40% y los adultos del 35% (Villalobos, 1983). Dietas con altos niveles de proteína (42 y 51%) muestran mayor incremento en peso y longitud, (Austreng y Refstie, 1979) y retención de proteína (Steffens, 1981; Alexis et al., 1986).

Los síntomas de deficiencia por proteína son menos evidentes que los síntomas por deficiencia de vitamina, aunque los efectos del primero son más rápidos. Ejemplos de síntomas de deficiencia por proteína son: pérdida de apetito, escaso crecimiento, disminución de su actividad y nado cerca de la superficie (Leitritz, 1959).

## CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos en las truchas son utilizados como fuente de energía; temporalmente se almacenan como glucógeno o para formar grasa. Los carbohidratos compuestos son digeridos y transformados en azúcares simples

antes de ser absorbidos. Su disponibilidad depende de la capacidad del pez para digerirlos, en el cuerpo se encuentran en forma de glucosa (azúcar) y glucógeno. La glucosa se deposita en los fluidos y células del cuerpo y el glucógeno en el hígado y tejidos musculares.

El exceso de carbohidratos en la dieta causará hinchazón del cuerpo y depósito de glucógeno en exceso en el hígado, lo que resulta que este órgano se hinche y se ponga de color claro.

En 1961 Buhler y Halver, alimentaron al salmón chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*), utilizando una serie de dietas con distintos niveles de proteína que van del 71 al 40% pero incrementando los niveles de dextrina, arriba del 42%. El crecimiento fue similar usando todas las dietas y la sustitución de la dextrina por proteína, incrementó la eficiencia de ésta. Luquet en 1971 obtiene resultados similares con trucha arco-iris. Las dietas contenían 30% de proteína y 50% de almidón crudo, obteniendo el mismo crecimiento y una mejor eficiencia de la proteína que utilizando otras con el doble de la misma. Sin embargo, la digestibilidad del almidón crudo es baja, reduciendo la eficiencia de la proteína (Inaba *et al.*, 1963) y es menor al 75% para dextrina o almidón precocido, aun a bajos niveles en la dieta; en cambio el uso de glucosa (digestibilidad cercana al 100%) provee mucha más energía que un carbohidrato complejo, como lo es el almidón (Bergot, 1979).

## MINERALES

Se consideran generalmente en la formación de huesos fuertes. La circulación de la sangre, respiración, digestión y asimilación de alimento, así como la excreción, dependen de la presencia de minerales en compuestos adecuados (Tabla 4).

En mayor cantidad	U S O
Calcio	Huesos, dientes, coagulación de la sangre.
Fósforo	Huesos y dientes.
<b>En trazas:</b>	
Cobalto	Glóbulos rojos.
Hierro	Glóbulos rojos.
Cobre	Glóbulos rojos; estimula la acción de enzimas.
Magnesio	Huesos y dientes.
Sodio	Presión osmótica celular.
Cloro	Presión osmótica celular; digestión.
Potasio	Presión osmótica celular.
Manganeso	Crecimiento.
Flúor	Dientes y huesos.
Iodo	Regula el metabolismo.

Tabla 4. Minerales nutricionales de importancia.

Fuente: Leitz, 1959.

La trucha tiene la facultad de absorber calcio, cobalto y fósforo, lo suficiente para las necesidades del cuerpo. los cuales pueden ser absorbidos del agua si están disponibles en la forma adecuada. El calcio y el fósforo son los minerales principales utilizados en la formación de huesos y dientes. El flúor y magnesio son trazas de minerales implicados en la estructura del cuerpo.

Hierro, cobalto y cobre son minerales que en traza se usan en la formación de eritrocitos. El hierro y el cobalto se combinan en las células sanguíneas y el cobre actúa como catalizador para ayudar a la asimilación del hierro. La deficiencia de cualquiera de ellos puede causar anemia. El sodio, cloro y potasio regulan la presión osmótica de las células del cuerpo. El iodo ayuda a regular el metabolismo y el calcio es un agente coagulante de la sangre.

Harinas de pescado, huesos, leche en polvo descremada, carnes frescas y pescado son buenas fuentes de minerales.

## VITAMINAS

Son requeridas en pequeñas cantidades y actúan como catalizadores funcionando como parte de un sistema enzimático (Leitritz, 1959).

Las vitaminas liposolubles son A, D, E y K y son capaces de ser almacenadas en el organismo y ser metabolizadas lentamente, de forma que su ingestión excesiva y su acumulación puede dar lugar a manifestaciones de hipervitaminosis.

Las vitaminas hidrosolubles son mucho más metabolizables y son las que constituyen el llamado complejo B, y además el ácido ascórbico. El complejo B está compuesto por la numerosa serie de vitaminas presentes en la levadura de cerveza o en el hígado de res y en el se encuentra la tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, ácido pantoténico, ácido lipoico, biotina, ácido fólico, vitamina B (Tabla 5).

### 2.3. Tipos de Alimento.

Un alimento se puede considerar como una sustancia orgánica o inorgánica que sea fuente parcial o total de los nutrientes que requiere un organismo para sobrevivir, crecer y desarrollarse. Bajo este criterio la acuicultura cuenta con diversos alimentos:

-Los alimentos generados por la productividad primaria, tales como microalgas y bacterias que aprovechan materia inorgánica para su crecimiento y desarrollo. Estos organismos alimentan a otros, que a su vez son consumidos por los que están bajo cultivo.

**Vitaminas Liposolubles Síntomas de deficiencia**

A	Desconocido. Se cree que causa cataratas, retarda el crecimiento.
D	Desconocidos.
E	Desconocidos.
K	Desconocidos.

**Hidrosolubles**

B1 (Tiamina)	Mortalidad por choque, mal apetito; inestabilidad, convulsiones, hígado pálido.
B2 (Riboflavina)	Ceguera. Ojos, nariz y opérculo hemorrágicos.
Acido Pantoténico	Enfermedad de las branquias.
Piridoxina	Desordenes nerviosos, manchas claras en el hígado.
Inositol	Crecimiento pobre, estómago distendido, aletas degeneradas.
Biotina	Anemia, escazo crecimiento.
Acido fólico	Anemia, escazo crecimiento.
Niacina	Branquias hinchadas, crecimiento deficiente, dorso pelado.
Acido ascórbico-C	Hígado, rinones e intestino hemorrágicos.
Vitamina B12	Anemia.
Colina	Hemorragias de hígado, riñones e intestinos; infiltración de grasa del hígado.
Acido para-amino benzóico.	Desconocido.

**Tabla 5. Vitaminas y síntomas de deficiencia.****Fuente: Leltritz, 1959.**

-La productividad natural del estanque puede ser incrementada mediante la introducción de fertilizantes, que elevan la cantidad de nutrientes disponibles y en consecuencia la productividad primaria es ideal en estanquería rústica. Sin embargo, la fertilización debe manejarse con precaución, pues un afloramiento descontrolado de algas puede traducirse en un abatimiento del oxígeno disuelto.

-Cuando el medio de cultivo no satisface los requerimientos nutricionales, pero cumple con estos en forma parcial, es necesario suministrar alimento complementario, como la *Artemia salina* o *Tubifex sp.*, entre otros, en etapas iniciales y subproductos agrícolas y pecuarios durante la engorda.

-En casos específicos, tales como el cultivo de trucha, el uso de alimento balanceado es indispensable y uno de los objetivos es intensificar los cultivos y lograr un óptimo aprovechamiento de las instalaciones (Vergara y De la Garza, 1988).

La fabricación de alimento balanceado a dado lugar a la formación de una importante industria, principalmente en los países desarrollados (García y Martínez, 1979). En la actualidad dado que se conocen los requerimientos de estos peces se elaboran dietas que han ido cubriendo paulatinamente sus necesidades, hasta llegar a contar con dietas alimentarias satisfactorias (SEPESCA, 1981).

Comparados con otros alimentos de animales, los alimentos de peces son únicos en el sentido de que son sometidos al agua durante su distribución. Las prácticas de fabricación del alimento pueden afectar tanto a la calidad física como nutritiva del alimento. La finura o grosor de la molienda, mezcla o formación del pelet inadecuadas pueden resultar en alimento de mala calidad, aunque se hayan usado ingredientes de alta calidad (SEPESCA, 1987).

La molienda de ciertos ingredientes facilita y aumenta la aceptación e ingestión por los peces, además reduce la ruptura de los pelets y aumenta la superficie del alimento lo que ayuda a su digestión y utilización.

Los alimentos de peces se fabrican en dos tipos de pelets: el pelet flotante o expandido (extruido) y el pelet sumergible o comprimido (peletizados).

Los extruidos muestran la ventaja de no ser quebradizos y producir menor cantidad de finos ya que para su elaboración es esencial la molienda fina de los ingredientes. Asimismo muestran mayor estabilidad en el agua (menor pérdida de vitaminas), resistencia al manejo y propiedades de flotabilidad que le permiten determinar el consumo de alimento (Stickney, 1979), conservando su configuración por más tiempo. En tanto que en los peletizados, por ser comprimidos, se sumergen o sedimentan, perdiendo su configuración en menor tiempo que en el caso de los extruidos, aunque su elaboración es menos costosa y no tan perjudicial para las sustancias nutritivas del alimento. Se prepara en seco mediante peletizadoras al vapor con temperaturas controladas que no excedan de 50° C, a fin de no destruir las características nutritivas de los ingredientes (García y Martínez, 1979). Además el proceso de producción destruye a los inhibidores del crecimiento y reduce la contaminación por *Salmonella* (SEPESCA, 1987).

En el proceso de extruido se requieren de elevados niveles de temperatura, humedad y presión (Robinette, 1977), lo que ocasiona que el ácido ascórbico muestre poca estabilidad (Hilton et al., 1977; Lovell y Lim, 1978). Las altas temperaturas y presiones en el proceso de extruido puede causar gelatinización del almidón incrementando la bio-labilidad de carbohidratos y la destrucción de aminoácidos lo que reduce la utilización de las proteínas. El aumento de glucógeno en hígado puede afectar la función de éste. Phillips *et al.* (1948) menciona que las dietas para truchas no debe excederse del 12% de carbohidratos digeribles, ya que los animales presentan bajo crecimiento, alta concentración de glucógeno en hígado e incremento de la mortalidad.

El alimento extruido absorbe más agua que el alimento peletizado, lo que ocasiona que se consuma menos alimento. Hilton, Cho y Slinger (1980) obtienen que las truchas alimentadas con peletizados obtienen mayor ganancia en peso, pero una baja eficiencia alimenticia respecto al extruido. En cambio, a nivel de hígado, la relación peso corporal y porcentaje de glucógeno en el hígado es mayor en truchas alimentadas con extruidos, mientras que el porcentaje lípidos y proteínas en hígado es mayor en truchas alimentadas con peletizados. El tiempo de vaciado gástrico es el doble en truchas alimentadas con extruidos, esto se debe a la propiedad de estabilidad en el agua que retarda el proceso digestivo (Hilton, 1981; Stickney, 1979).

Una prueba realizada en alimentos peletizados revela que el coeficiente promedio de digestibilidad es de: 93% para proteína, 89% para lípidos y 74% de energía. Sin embargo, peces de 6 g. a 100 g. de peso a temperaturas bajas muestran valores bajos de digestibilidad de los nutrientes (Kitamikado *et al.*, 1964a; Kitamikado y Tachino, 1964b). Windell *et al.*, en 1978, menciona que el coeficiente de digestibilidad a temperaturas de 7° C es bajo y representa 27% menos que a 11 y 15° C.

#### 2.4. Alimentación y factores asociados al proceso de alimentación.

Un aspecto fundamental en la cría de los peces, como de cualquier organismo, es la alimentación, que aparentemente es un factor fácilmente manejable e incluso se llega a pensar que entre más alimento se le proporcione a un pez, éste deberá crecer más, pero esto no siempre sucede, el crecimiento está determinado por diversos factores como son: factores ambientales que están asociados a la especie, de los cuales la temperatura es uno de los que más influencia tiene (Brett, 1956 y 1971; Brett *et al.*, 1969; Paloheimo y Dickie, 1965, 1966a y 1966b; Hastings, 1976; Marais y Kissil, 1979 y Tacon, 1985). Y factores asociados a la nutrición, de los cuales el manejo del alimento que comprende: cantidad, calidad, frecuencia y distribución; y la formulación de las dietas son los más importantes. La alimentación de los animales juega un papel muy importante, en la generalidad de los casos se considera que en los costos de operación la alimentación representa entre el 40 y 60% (Pillay, 1983).

Generalmente las fórmulas de los alimentos se hacen considerando el costo mínimo, es decir, que el producto generado contenga las características esenciales para la especie pero al menor costo, de ahí que frecuentemente los fabricantes varíen la fórmula de la dieta para una misma especie dependiendo de la disponibilidad de los insumos empleados en la fabricación de alimentos demandados por varias fábricas, creándose una competencia, por lo que algunos productos son inaccesibles para el fabricante viéndose en la necesidad de sustituirlos o utilizar materia prima de menor calidad. Por ejemplo, la harina de pescado elaborada con fauna de acompañamiento de camarón es de menor calidad a la elaborada con harina de sardina o anchoveta, que en muchos de los casos es sustituida parcialmente por harina

de sangre para alcanzar los niveles de proteína deseados, aun y cuando el nivel de oxidación de este insumo resulte nocivo para los organismos, obteniendo el fabricante una mayor ganancia. Las fuentes de obtención de proteína son de origen vegetal y animal, considerada ésta última el componente principal y el más caro en la dieta para organismos acuáticos. Niveles de proteína animal del 35 al 50% en la dieta se ha encontrado que produce un máximo crecimiento dependiendo de la composición dietética, nivel de alimentación, edad y condición fisiológica del pez (Lee y Putnam, 1973; Satia, 1974; Cho et al., 1976; Zeitoun et al., 1976; Watanabe et al., 1979; Cowey y Sargent, 1979; Steffens, 1981).

Tanto las materias primas como los alimentos elaborados deben almacenarse en condiciones adecuadas para evitar su deterioro, las causas más comunes pueden ser por: humedad, que es el más importante en la descomposición de los productos almacenados, sobre todo en las granjas acuícolas, donde la humedad relativa es alta; temperatura, luz y oxígeno (National Academy of Science, 1973). Generalmente, las marcas comerciales indican el tiempo de vida del producto, debido a que las vitaminas y minerales se ven alteradas cambiando la calidad del mismo e inclusive haciéndolo tóxico para los animales. Debido a esto se recomienda que el alimento se consuma en un lapso de tres meses a partir de la fecha de compra.

La formulación de alimentos se basa generalmente en indicadores globales de los requerimientos de aminoácidos esenciales y ácidos grasos esenciales, considerando la presencia de vitaminas y minerales primordiales, sin embargo en el caso de peces no está definido el grado de aprovechamiento de dichos componentes de los productos básicos empleados como materia prima, por lo que una referencia bromatológica de un determinado alimento no garantiza la calidad o eficiencia de un producto en función de un determinado organismo. Es decir, un alimento puede tener un cierto porcentaje de proteínas o grasas, que no precisamente sean degradables por el pez, por lo que se diría que el alimento es de baja calidad o eficiencia. Es por eso que para el productor acuícola, además de tener un conocimiento bromatológico del alimento a utilizar lo mejor es determinar sus efectos en el organismo, lo que le da la posibilidad de saber si ese alimento es bueno o no, si comparativamente con otro es mejor o peor, o bien si un alimento sirve para la etapa de cría, de reproductor, etc. es a lo que en acuicultura intensiva se le llama "Evaluación de los efectos de alimentos", que se refiere a los efectos o repercusiones que

tanto el alimento como la alimentación tienen sobre los organismos bajo condiciones de cultivo (Medina-García, en proceso).

Para el proceso de alimentación se deben considerar los siguientes factores:

- Calidad.
- Cantidad.
- Frecuencia.
- Distribución.

#### 2.4.1. Calidad del alimento.

Está dada en función de:

-Contenido nutricional. Se refiere a la proporción requerida de los elementos nutricionales y la digestibilidad de dichos elementos por los organismos bajo cultivo (por ejemplo, balance de aminoácidos esenciales); proporción máxima tolerable de elementos no nutricionales que algunos de ellos pueden ser básicos para completar o favorecer procesos fisiológicos o para dar consistencia a la configuración de la partícula (como la fibra), o como portadores de otros elementos.

-Tamaño de la partícula. Los animales tienen un rango definido de aceptación del alimento, es decir, el tamaño de la partícula de alimento está en función de la talla del organismo. La selección del tamaño se refleja en la eficiencia alimenticia, ya que una partícula muy pequeña puede no ser capturada o escapar de los rastrillos branquiales y una muy grande puede no ser capturada o no deglutida disminuyendo en ambos casos la eficiencia. Las diferentes marcas de alimentos balanceados para trucha arco-iris generalmente manejan 8 distintos tamaños, en su presentación de harinas, migajas y pelets o extruidos (Tabla 6), lo que incrementa la eficiencia alimenticia y reduce el desperdicio de alimento y por consiguiente la limpieza de los estanques.

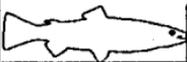
TAMAÑO DEL ALIMENTO			
 < 0.600 mm.	Hasta 3.5 cm.	0.126 - 0.154 g.	
 0.600 - 0.800 mm.	3.5 - 4.5 cm.	0.154 - 1.13 g.	
 0.850 - 1.180 mm.	4.5 - 6.0 cm.	1.13 - 2.27 g.	
 1.180 - 2.0 mm.	6.0 - 7.5 cm.	2.27 - 4.54 g.	
 2.0 - 3.0 mm.	7.5 - 10.0 cm.	4.54 - 11.35 g.	
 2.4 mm.	10.0 - 13.5 cm.	11.35 - 22.70 g.	
 3.2 mm.	13.5 - 17.5 cm.	22.70 - 56.75 g.	
 4.0 mm.	17.5 - 24.0 cm.	56.75 - 150.00 g.	
 4.8 mm.	24.0 - 33.0 cm.	150.00 - 450.00 g.	

Tabla 6. Tamaños de las partículas de alimento recomendados por El Pedregal Silver-Cup.

-Sabor. No todos los animales o especies consumen el alimento balanceado como tal, sino que hay que adicionarles saborizantes para que sean aceptados por estos (Tacon, 1985).

-Color. Se ha observado que ciertos animales tienen preferencia por algún o algunos colores, por ejemplo, los salmónidos que tienen preferencia por el color rojo.

-Flotabilidad o velocidad de sedimentación. Afecta la cantidad de consumo de algunos animales, como la trucha por ejemplo, que requiere que el alimento se encuentre en la columna de agua para consumirlo, de aquí que el animal disponga del tiempo en que se sedimenta la partícula para poderla capturar.

-Forma y textura. Aunque poco se ha tratado acerca de estas características no se han observado aun diferencias entre un alimento cilíndrico y liso y otro esférico y rugoso.

-Tiempo de conservación de la partícula. En relación con el mecanismo de procesado, las partículas de alimento se ven alteradas en su calidad física, como lo es el tiempo de permanencia en el agua, por lo que el animal dispone de un tiempo determinado para su captura.

#### 2.4.2. Cantidad.

Es uno de los parámetros más empleado como indicador en la evaluación de los efectos de los alimentos y los factores asociados son (Medina-García, en proceso):

-Talla del animal. Existe una relación lineal entre el tamaño del organismo y la dimensión del tracto digestivo; a medida que más grande es el animal, más cantidad de alimento puede consumir; pero también es aceptado que la dimensión del tracto digestivo está en función de la fluctuación de la disponibilidad del alimento, así, un organismo alimentado una vez al día

tendrá un tracto digestivo menor que otro de la misma talla alimentado varias veces al día.

-Hora del día y época del año. El consumo de alimento está en función de su ritmo circadiano, así de manera general, al atardecer se muestran las mayores cantidades de consumo, sin embargo, la temperatura es uno de los factores más asociados en animales acuáticos. Su actividad metabólica es regulada básicamente por la temperatura, así que los animales consumen mayor cantidad de alimento en las épocas cálidas del año que en las frías. También se ha reportado que en los días nublados y lluviosos casi no consumen alimento.

-Estado fisiológico del organismo. El acuicultor debe tomar en cuenta de que las proporciones específicas de los requerimientos nutricionales varían al igual que las cantidades dependiendo del estado fisiológico del organismo. Las demandas de un animal que está desarrollando la gónada son distintos al que está en reposo; su requerimiento proteico es mayor encareciendo el cultivo debido a que el gasto energético es canalizado para la producción de las gametas sexuales, es por eso que para fines de producción de carne, los animales deben cosecharse antes de alcanzar la madurez sexual; sus demandas también varían cuando se preparan para la migración. Por lo que hay que variar las proporciones específicas de los requerimientos nutricionales así como las cantidades de alimento.

-Estado físico. Dependiendo de su salud, el animal va a consumir mayor o menor cantidad de alimento. Por ejemplo, si el animal está enfermo, dependiendo del tipo y grado de afectación que tenga, tendrá una menor demanda de alimento; esto es un indicador que nos señala poner mayor atención y tomar medidas preventivas para evitar una epizootia, por el contrario si el animal es robusto o gordo, tendrá una mayor demanda de alimento que un animal flaco que no necesariamente empleará para crecimiento, sino para acumulación de grasas y reservas.

-Aspectos conductuales. Todas las poblaciones de animales tienen definidas jerarquías en menor o mayor grado pudiendo llegar a niveles críticos, así los animales de mayor jerarquía son los primeros en comer y los que mayor cantidad de alimento consumen provocando crecimientos muy heterogéneos, por ejemplo, en el caso de canales de corriente rápida los animales cercanos a la caída de agua son los más importantes jerárquicamente.

### 2.4.3. Frecuencia.

Es el número de veces que un organismo debe ser alimentado al día. Se ha demostrado que entre más joven sea el animal, requerirá mayor cantidad de alimento con respecto a su propio peso que los animales grandes (Phillips, 1972), así también requerirá una mayor frecuencia de alimentación debido a que su tasa metabólica es mayor y por lo tanto demandará más energía que un animal de mayor edad. En el caso del salmón, Brett (1971) encontró que los animales pequeños pueden consumir 16.9% de su peso y que animales mayores de 216 g. consumen el 4.3% en una sola ración, pudiendo llegar al 30% de su peso diario si el alimento se les suministra en varias raciones durante el día. En el primer caso, si solamente se alimentara una sola vez al día el animal requerirá un tracto digestivo muy grande para almacenar tal cantidad, de aquí que resulte obvio que los animales requieren ser alimentados varias veces al día.

Klontz (com. pers.) recomienda que las crías deberán alimentarse más frecuentemente, mientras más pequeñas sean, esto es de 8 a 9 veces por día al empezar su crecimiento; este número de veces irá disminuyendo a medida que el pez crezca. Así un pez de 10 cm. deberá alimentarse 6 veces al día, si se quiere tener una población más uniforme y con más eficiencia alimenticia, asimismo se recomienda para sistemas de rehuso múltiple y temperatura mayor a la SET (Standar Environmental Temperature) alternar la frecuencia alimenticia para no propiciar la baja de oxígeno simultáneo del sistema.

La eficiencia alimenticia y el tiempo de ayuno en salmónidos tiene un comportamiento sigmoideo, existe una relación exponencial de la cantidad de alimento voluntariamente ingerido con respecto al tiempo, llegando a un nivel en el que deja de manifestarse la relación exponencial, ya que independientemente de que el animal pase mucho tiempo sin ingerir alimento su capacidad de captación está restringida a factores propios de él, como su talla por ejemplo, y solamente podrá consumir una cantidad determinada. A medida que exista mayor tiempo entre comidas, mejorará la eficiencia alimenticia; así, animales alimentados una vez al día podrán llegar a más del 90% de eficiencia; mientras que animales alimentados tres veces al día,

únicamente lograrán cifras menores al 75% de eficiencia, sin embargo el consumo total bruto es mayor en este último caso, lo que se podría traducir en un mayor crecimiento pero con una menor eficiencia (Brett et al., 1969).

#### 2.4.4. Distribución.

Es un factor muy importante ya que si la distribución es mala, es decir, si el alimento es dado en un solo lugar puede estarse desperdiciando y por el contrario en los sitios en los que llega poco o nada, la cantidad consumida es menor a la requerida, aunque la cantidad de alimento suministrado sea el apropiado, provocando la jerarquización; estos aspectos son negativos para el proceso de producción ya que se está incrementando el factor de pérdida (FP), el cual es un indicador que permite analizar y separar los efectos del alimento consumido y el alimento desperdiciado, es decir, la cantidad de alimento que se desperdicia en función de: el tamaño de la partícula, la frecuencia de alimentación, la flotabilidad o velocidad de sedimentación de la partícula, tamaño del animal, profundidad del reservorio así como de las corrientes que se forman en él.

La distribución de los alimentos (Kuri-Nivón, 1988), puede variar considerablemente entre un sistema y otro de cultivo, de manera general se debe considerar:

- Tipo y tamaño del reservorio.
- Tipo del alimento en cuanto a flotabilidad y tamaño de la partícula.
- Hábitos alimenticios de la especie, en cuanto si son bentófagos o nectófagos.
- Mecanismos de adición: manual y mecánico.
- Densidad de la población.

## 2.5. Determinación de la cantidad de alimento a suministrar.

Existen criterios para determinar la cantidad de alimento a suministrar, algunos se fundamentan en aspectos empíricos y otros requieren de información técnica y confiable para su aplicación como lo son el uso de tablas y de métodos numéricos. En ambos casos se requiere forzosamente del conocimiento de las fluctuaciones de la biomasa, determinada a partir de la relación existente entre el número de animales y el peso promedio de estos. A continuación se mencionan algunos métodos.

### - Adición de un porcentaje predeterminado.

Este criterio consiste en proporcionar a los animales un cierto porcentaje de alimento de acuerdo a la etapa de los mismos. Así se recomienda que sea del 5% del peso diario para crías, del 3% para juveniles y del 1% para adultos. Windell *et al.* (1978), reportan que un porcentaje de 0.4 y 0.8% del peso vivo del animal tiene mayor digestibilidad de nutrientes que con un 1.6% el cual presenta un decremento en su rendimiento, entre el 7 y 9%. Sin embargo, este procedimiento tiene un margen de error muy grande, ya que no se adecúa a las condiciones específicas de la población, del ambiente y del sistema productivo, porque la demanda de alimento varía en función de dichas condiciones.

### - Adición de alimento a saciedad.

Consiste en adicionar el alimento hasta que el animal deje de consumirlo; Brett (1971), define la cantidad del alimento voluntariamente ingerido en un tiempo de 15 min. contando a partir del término de la adición. Este procedimiento es fácilmente aplicable en cultivos intensivos de trucha, ya que en la generalidad de los casos estos cultivos se realizan en aguas cristalinas; además este organismo acostumbra capturar su alimento a media agua o en la superficie, lo cual facilita la observación del consumo.

### - Determinación de la cantidad de alimento mediante tablas.

Han sido hechas en función de las características (de calidad) de un alimento específico considerando longitud, temperatura y peso, por lo que solo sirven para el alimento que sirvió de base para su diseño y al sistema de cultivo donde fue probado; de tal forma que al emplear un alimento diferente y en condiciones diferentes, la tabla no es útil.

-Determinación mediante métodos numéricos.

1. Método de Haskell, (1959): Estima o calcula la proporción de alimento a adicionar basado en el Factor de Conversión de Alimento (FCA) y el incremento en longitud de los peces (L).

$$\% \text{peso} / \text{día} = \text{FCA} * b * L * 100 / (L_i + (t + L))$$

donde: b = pendiente de la regresión potencial peso/longitud  
L<sub>i</sub> = longitud inicial (al principio del mes correspondiente)  
t = tiempo en días  
L = tasa de incremento diario  
(longitud final - longitud inicial / 30 días)

Los periodos de incremento de longitud o los periodos de proyección de la cantidad de alimento a suministrar no deben ser superiores a 30 días, ya que se requieren ajustes específicos, puesto que los incrementos en longitud no siguen una proyección rectilínea (Paloheimo y Dickie, 1965 y 1966a; Ricker, 1948; Parker y Larkin, 1959; Thompson, 1942; Gulland, 1969; Bagenal y Tesch, 1978).

2. Método de Willoughby, (1968): menciona que la cantidad de alimento a suministrar puede calcularse a partir de la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua y del contenido calórico de la dieta. Este procedimiento además permite determinar las capacidades de carga en cultivos en donde hay secuencia de estanques.

$$\text{CAS} = (O_a - O_b) * 0.0545 * \text{gpm.}$$

donde:  $O_a$  = contenido de oxígeno a la entrada del estanque  
 $O_b$  = contenido de oxígeno a la salida del estanque  
0.0545 = toneladas métricas de agua a un flujo de 1 gpm. por 24 horas y relacionado con los gramos de oxígeno (100) requeridos para metabolizar 1200 calorías en una libra de pelet  
gpm = flujo de agua en galones por minuto.

## 2.6. Mecanismos de evaluación.

Como ya fue mencionado la "Evaluación de alimentos" se refiere a la evaluación de los efectos o repercusiones que tanto el alimento como la alimentación tienen sobre los organismos bajo cultivo. Se tratarán aquellos parámetros que nos permiten determinar la magnitud de las respuestas que tienen los animales hacia el alimento y en función al sistema de cultivo que se está empleando, para lo cual se pueden seguir distintos criterios, pero en términos generales se analiza la relación, (Medina-García, en proceso)

### Alimento-Crecimiento Alimentación-Condición

Así también, se puede tender a tratar de determinar el efecto de la alimentación en términos nutricionales o en términos de costos de producción. Para el productor lo importante es saber cuanto va a producir y cuales serán sus costos, por lo que debe conocer la manera como se comporta la población, así como las variaciones de la Biomasa con respecto al tiempo, y lo que requiere dicha Biomasa para reeditar los mejores rendimientos.

En acuicultura intensiva los parámetros poblacionales que actúan de manera positiva en la producción son: el crecimiento y el número de animales; por su parte la mortalidad natural actúa de manera negativa, es decir, tiende a disminuir la Biomasa. En otro sentido el Factor de Condición juega un papel

compensatorio ya que puede contribuir positiva o negativamente en la población.

### 2.6.1. Crecimiento.

El crecimiento es la integración de elementos corpóreos al organismo y se diferencia claramente del incremento provocado por robustez, gordura, etc. (Allen, 1966; Lagler et al., 1962; Nikolsky, 1963), provocado por la sobrealimentación, la cual no necesariamente produce un mayor crecimiento (Storebakken y Austreng, 1987), pero si una acumulación de grasa en intestino (Bromley, 1981), como en una prueba de alimentación realizada en trucha, en donde 2/3 del crecimiento fue en forma de lípidos y solo 1/3 en forma de proteína (Bromley op cit). El crecimiento del pez y sus demandas de alimento varían a causa de distintos factores, como las condiciones ambientales (Brett, 1979) y las técnicas de acuicultura usadas (Storebakken y Austreng op cit), sin embargo, Vahl (1979) menciona que solo dos parámetros son necesarios para designar el régimen alimenticio en trucha para obtener un máximo crecimiento en acuicultura: el consumo máximo voluntario de alimento en una ración y la tasa de vaciado estomacal.

Thompson (1942) define Tasa de Crecimiento como el diagrama bidimensional en el cual se representa una magnitud (por ejemplo longitud) en relación al tiempo, obteniendo una clase de diagrama de vectores que es conocida como curva de crecimiento. Este fenómeno es una velocidad cuyas dimensiones son espacio-tiempo.

Bagenal y Tesch, 1978; Ricker, 1948 y 1975 describen al crecimiento poblacional como una manifestación del incremento en peso del individuo, considerando la mortalidad, el reclutamiento, etc. Es decir, el crecimiento poblacional es un vector cuyos parámetros son biomasa-tiempo.

Diferenciaremos dos conceptos refiriéndonos como crecimiento al crecimiento individual y como fluctuaciones de biomasa al poblacional.

El crecimiento es un parámetro que no puede ser medido directamente, sino que para llegar a determinarlo se tiene que hacer a través de indicadores

asociados con él. En acuicultura el crecimiento puede determinarse tomando como referencia cualquiera de las dimensiones del pez, incluyendo el peso (Bagenal y Tesch, 1978); sin embargo las medidas más generalizadas son la longitud (total, patrón o furcal) y el peso total. El crecimiento de los peces presenta las siguientes características:

- No cesan de crecer, sino que su tasa de crecimiento disminuye hasta hacerse asintótica, donde presentan incrementos mínimos en relación al tiempo es decir, crecimiento ilimitado (Gulland, 1969; Lagler *et al.*, 1962; Paloheimo y Dickie, 1965, 1966a y 1966b; Parker y Larkin, 1959; Ricker, 1975).

- El crecimiento de los peces se representa en la figura 2 mediante una curva de carácter sigmoideo; es decir, una curva que en su primera fase es exponencial, en la segunda presenta una inflexión y permanece asintótica en su fase final (Allen, 1966; Bagenal y Tesch, 1978; Gulland, 1969; Paloheimo y Dickie, 1965, 1966a y 1966b; Parker y Larkin, 1959; Ricker, 1975; Weatherley, 1972 y 1976).

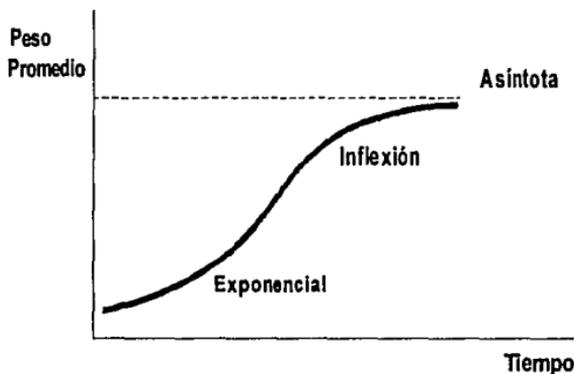


Figura 2. Comportamiento del incremento en peso de los organismos por unidad de tiempo.

De aquí que si analizamos los incrementos brutos de los animales se puede observar que el incremento en peso de los mismos aumenta durante la fase exponencial, tiende a estabilizarse al inicio de la inflexión de la sigmoidea y finalmente decae hasta que al llegar a la asíntota los incrementos son cercanos a cero. (Fig. 3).

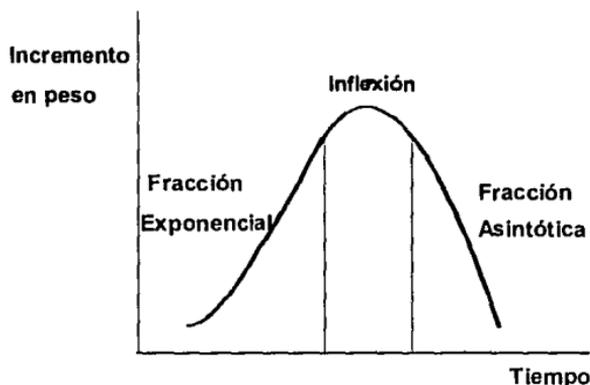


Figura 3. Incrementos parciales en peso bruto.

- La velocidad de crecimiento (tasa de crecimiento) varía en función de parámetros ambientales conservándose dentro de un rango específico (Paloheimo y Dickie, 1965, 1966a y 1966b; Parker y Larkin, 1959; Steel, 1977; Weatherley, 1972 y 1976; Wheaton, 1977).

#### 2.6.1.1. Métodos de determinación y sus limitantes.

En acuicultura el crecimiento se determina a partir de datos secuenciales del peso o la longitud del pez; no obstante los procedimientos de análisis y evaluación tienen grandes variaciones.

- Representación bruta de los datos observados: es la simple representación de los datos obtenidos; es frecuente emplear las medidas obtenidas, en la mayoría de los casos se representan en una gráfica bidimensional o a manera de tablas; los análisis aun cuando son numéricos son de carácter cualitativo. No se evalúan tendencias y las inter y extrapolaciones son aproximativas, por otra parte no pueden ser incluidas en modelos poblacionales (Hickling, 1960).

- Incremento absoluto [longitud final ( $L_t$ ) - longitud inicial ( $L_i$ ) o peso final ( $W_t$ ) - peso inicial ( $W_i$ )]: en este procedimiento no se considera el tiempo y se le da un carácter de recta a la curva de crecimiento. Este tipo de representación solamente puede emplearse en datos comparativos con igualdad de condiciones y por tiempos cortos; además, por su carácter rectilíneo, el margen de error es enorme (Ricker, 1975).

- Incremento absoluto en un tiempo dado  $(L_t - L_i)/t$  o  $(W_t - W_i) / t$ : el resultado se expresa en medidas tales como: cm/día, cm/mes, g/día, etc. Como en el caso anterior, el crecimiento se manifiesta como si fuera una recta (Fig. 4) y por lo tanto las inter y extrapolaciones tienen un gran margen de error (Ricker, 1975).

- Incremento relativo  $(W_t - W_i) / W_i$  o  $(L_t - L_i) / L_i$ : representa un porcentaje (Ricker, 1975; Samame y Okada, 1973), de las mismas características que el crecimiento absoluto, aún cuando tiene un mayor grado de exactitud ya que se relaciona con sus propias características, sus limitaciones son semejantes.

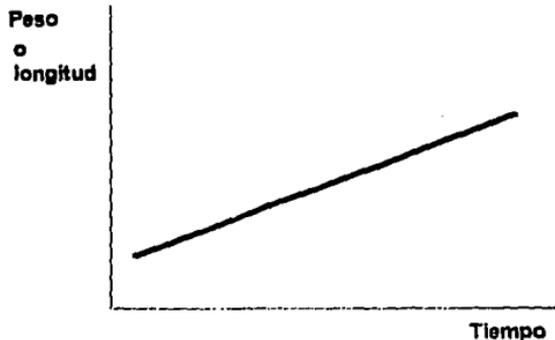


Figura 4. Incrementos absolutos en un tiempo dado.

- Tasa instantánea de crecimiento  $(\ln W_t - \ln W_i) / t_t - t_i$  o  $(\ln L_t - \ln L_i) / t_t - t_i$ ; generalmente se utiliza la expresión en peso. Esta relación representa la pendiente de una curva de forma exponencial. En este caso ya no se está haciendo rectilínea la curva de crecimiento. Es útil y presenta gran exactitud en periodos cortos de tiempo y no debe usarse en extrapolaciones, pero lo es más aun en el primer tercio del ciclo de vida del animal.

Sin embargo, si deducimos para cada lapso de tiempo la Tasa Instantánea de Crecimiento (TIC) la cual representa los incrementos proporcionales, se puede observar que dichos incrementos disminuyen proporcionalmente a medida que el animal se desarrolla. (Fig. 5).

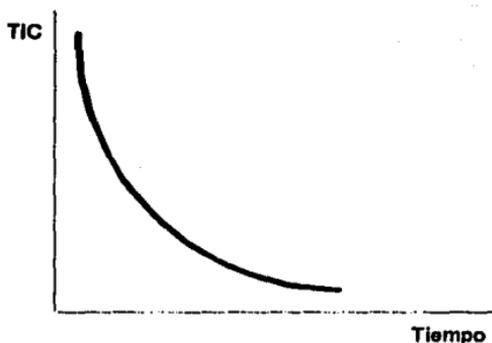


Figura 5. Tasa Instantánea de Crecimiento.

La expresión:

$$P_t = P_0 e^{TIC(t)}$$

donde:  $P_t$  = peso del organismo en un tiempo dado.  
 $P_0$  = peso con el que inicia un organismo.

Esta ecuación puede ser deducida por el método de mínimos cuadrados, y se puede usar en interpolaciones, en el caso de extrapolaciones no se debe de rebasar el tiempo en que se alcance la inflexión de la curva. Este tipo de curva es más útil cuando se emplea en el análisis de datos de una población que tiene una talla máxima comercial y que ésta es inferior a la talla de inflexión, como es el caso de la trucha.

El modelo de Von Bertalanffy puede ser empleado en cualquier posición de la curva de crecimiento, para lo cual se requieren datos numéricos de la mayor parte del ciclo de vida del organismo y puede permitir inter y extrapolaciones (Gulland, 1969; Allen, 1966).

$$L_t = L (1 - E^{-k(t-t_0)})$$

donde:  $L_t$  = longitud en un tiempo dado  
 $L$  = longitud en el nivel de la asintota.  
 $k$  = constante de crecimiento.  
 $t_0$  = tiempo teórico en que  $L_t = 0$   
 $t$  = tiempo.

### 2.6.1.2. Factores asociados al crecimiento.

Es importante considerar los factores directamente relacionados con el crecimiento, que están dentro del rango de tolerancia del organismo, provocan cambios en su tasa de crecimiento, en función de sus propios cambios. Los más estrechamente vinculados son: la temperatura del agua, el alimento y la alimentación, edad, sexo, estado de madurez gonádica, factores genéticos y factores hormonales, densidad de población y actividad del pez, parásitos y enfermedades (Alabaster y Lloyd, 1980; Bagenal y Tesch, 1978; Brett, 1971; Paloheimo y Dickie, 1965). De ahí la importancia de llevar un registro de los parámetros que se encuentran más asociados al crecimiento. Aunque no todos los parámetros pueden ser manejados o controlados, conociendo como actúan, se puede llegar a incidir en ellos con el fin de incrementar la producción en los sistemas de cultivo.

1. Temperatura. La tasa de crecimiento se acelera con los incrementos de temperatura. Steel (1977) menciona que existe una tasa constante de crecimiento para una especie dada, por lo que es necesario simular los procesos del crecimiento para cada población en condiciones particulares, y que las funciones de proporcionalidad deberán estar relacionadas con la temperatura. En acuicultura es uno de los elementos básicos para la selección del lugar de cultivo, ya que se pueden obtener los mejores crecimientos al ubicarse en rangos de temperatura óptimos.

## 2. Alimento y Alimentación.

-Cantidad. La disponibilidad del alimento en las cantidades adecuadas, se refleja no solo en un crecimiento acelerado, sino también actúa en la prevención de enfermedades, reducción de problemas de densidad dependencia.

-Calidad. Comprende: Contenido nutricional, tamaño de la partícula, textura, sabor, color, digestibilidad, flotabilidad, solubilidad en el medio acuático y durabilidad. Aspectos que deben considerarse, sobre todo, cuando se manejan alimentos adicionados.

-Frecuencia. De manera general se considera que los animales pequeños deben ser alimentados con mayor frecuencia que los juveniles o adultos y en mayor cantidad proporcional a su peso.

-Distribución del alimento. Weatherley (1976), menciona la importancia del gasto de energía para la captación del alimento y la forma como actúa en el crecimiento; es importante considerar el área recorrida, el tiempo requerido para la obtención del alimento y la velocidad de desplazamiento, ya que ello implica un gasto mayor de energía.

3. Edad. Se ha manifestado que la actividad metabólica del pez cambia con respecto a la edad y por ende cambian los requerimientos alimenticios de los animales.

4. Sexo. La mayoría de los peces presentan dimorfismo sexual y diferencias de tallas entre machos y hembras de la misma edad y cultivados en condiciones similares. Este aspecto es de gran importancia ya que repercute considerablemente en el costo de producción, en relación a la carne obtenida. Por ejemplo, en la trucha arco-iris la tasa de crecimiento del macho puede resultar hasta un 30% más baja que en la hembra; por otro lado, el macho presenta proporcionalmente una cabeza más grande en relación a su longitud total, una altura del cuerpo más baja y en si, una estructura ósea mayor que la hembra en tallas similares. De ahí la conveniencia de efectuar cultivos monosexuados.

5. Estado de madurez gonádica. En los peces el crecimiento cesa durante el periodo de madurez sexual. Los organismos utilizan gran parte de su energía para el desarrollo de la gónada. Tener conocimiento de cuando la población bajo cultivo alcanza el estado de madurez, permite planear de manera más precisa las estrategias de la cosecha, aprovechando las tasas pre y post-madurez.

6. Factores Genéticos y Factores Hormonales. Cada una de las manifestaciones fenotípicas que identifican al individuo, depende de características genéticas, conjugadas con situaciones ambientales. El conocimiento de la forma como actúan estos factores en las poblaciones tiene más aplicación hacia la selección de reproductores.

7. Densidad de población y Actividad del pez. Altas concentraciones de feromonas y metabolitos en el medio retrasan la tasa de crecimiento. La competencia en niveles de alta densidad, provoca una aceleración de la actividad del pez y consecuentemente un gasto de energía, en tal forma que un animal altamente activo requiere de una mayor fuente de energía para su crecimiento; este mismo fenómeno se observa con la depredación. La depredación en monocultivos se restringe al canibalismo y a una cosecha operativamente mal realizada; el mismo resultado se puede observar con muestreos excesivos en los animales.

8. Parásitos y Enfermedades. Un animal enfermo o parasitado destina parte de su energía a la eliminación o control de la enfermedad o parásito y en muchos casos es afectada su tasa de crecimiento por la acción de parásitos y enfermedades. En acuicultura se tiende hacia la prevención de enfermedades dándole énfasis al manejo de alimentos y a la higiene y manipulación de reservorios.

#### 2.6.2. Mortalidad.

La mortalidad natural actúa de manera negativa en la población, es decir, tiende a disminuir la biomasa y puede manifestarse en la población de dos formas diferentes; en una provoca una disminución gradual del número de animales; sobre dicha disminución repercuten efectos de selección,

adaptabilidad, competencia, etc. Este tipo de mortalidad se ha reportado como una curva de tipo exponencial de pendiente negativa, modelo usualmente empleado en acuicultura para los estimados de rendimientos a partir de que los organismos pierden sus características larvales.

Otra forma como se manifiesta es de manera no paramétrica, no secuencial, es decir que sigue patrones asociados a las diferentes etapas por las que atraviesan los animales, o también puede seguir patrones epizooticos. Este tipo de mortalidad, cuando se incluye es representado por esquemas porcentuales.

#### 2.6.2.1. Tipos de mortalidad.

Mortalidad simple exponencial:

$$N_t = N_0 E^{-zt}$$

donde:  $N_t$  = número de animales en un tiempo dado.

$N_0$  = número inicial de animales.

$z$  = tasa instantánea de mortalidad.

$t$  = tiempo.

Representada por un modelo de curva exponencial de pendiente negativa.

Mortalidad Múltiple Exponencial:

El tiempo de vida es dividido en "n" intervalos y representa las variaciones de la mortalidad en las diferentes etapas por las que atraviesa el animal.

Mortalidad Lineal:

La muerte ocurre a una tasa constante absoluta hasta que todos los animales mueren. En poblaciones con este tipo de mortalidad se expresa con medidas de porcentaje o de número de animales muertos por día.

Otro tipo de mortalidad que debe considerarse es aquella en que los animales mueren en un tiempo "t" dado a una edad dada.

### 2.6.3. Factor de Conversión de Alimento (FCA).

La conversión de alimento es una de las herramientas más útiles en acuicultura para determinar la efectividad de los alimentos y se define como la cantidad de alimento suministrado para incrementar en una unidad el peso de los organismos. La comparación de la eficiencia de los alimentos de peces, se debe a la diferencia en calidad de los alimentos comerciales como lo son, el tipo, calidad y control de los ingredientes usados en las dietas (Dabrowska y Wojno, 1977) y que frecuentemente son confundidas por otras variables, como la técnica de economía empleada en el sistema (Pfeffer, 1977). Para poder comparar la eficiencia de un alimento entre varios sistemas, se requiere determinar la cantidad de alimento que realmente emplean los animales así como el que se desperdicia (factor de pérdida), que como se mencionó anteriormente, es un indicador que permite analizar y separar los efectos del alimento consumido y el alimento desperdiciado. Se emplea de manera integrada al FCA.

$$FCA = CAS / W$$

donde: CAS = Cantidad de alimento suministrado.  
W = Incremento en peso poblacional.

Durante los procesos experimentales, la cantidad de alimento suministrado puede ser similar a la cantidad de alimento ingerido (Medina-García, 1982a), pero en los sistemas comerciales o durante el manejo de grandes

poblaciones, se provoca una diferencia significativa entre ambos valores, así tenemos que:

$$CAS = CAC + CAD$$

donde: CAS = Cantidad de alimento suministrado.  
CAC = Cantidad de alimento consumido.  
CAD = Cantidad de alimento desperdiciado.

De lo anterior tenemos que el factor de pérdida del alimento (FP) es:

$$FP = CAS / CAC$$

Dando un valor superior a 1, cuyos decimales multiplicados por 100 da un valor porcentual del desperdicio de alimento con respecto al alimento consumido (Medina-García, 1982b).

Los requerimientos alimenticios varían en función del estado fisiológico de los organismos; es por esto que el FCA no debe considerarse como un valor estático, sino que existirán variaciones conforme los animales se desarrollen, así el FCA se modificara si se incrementa la frecuencia de la adición, ya que puede incrementarse la cantidad de desperdicio del alimento y disminuye, por ende, la eficiencia alimenticia (Brett, 1971).

Generalmente, a medida que pasa el tiempo, las deficiencias que un alimento específico tiene, se manifiestan en el crecimiento y el desarrollo de un animal afectando su FCA, es por ello que se puede observar, de manera general, una tendencia a subir el valor de éste, es decir, a medida que pasa el tiempo el alimento va siendo menos eficiente, por lo que se requerirán mayores cantidades de alimento proporcional para un incremento dado. Su expresión es dada de la siguiente manera:

$$FCA = a + b(w)$$

Si bien es importante conocer los efectos de los alimentos sobre los organismos bajo cultivo, más lo es conocer los costos de dichos efectos; un alimento comparado con otro puede tener un FCA de la mitad; sin embargo, si el costo global del segundo es el doble, la repercusión en cuanto a la eficiencia económica es igual y solo se determinará una preferencia en base de un análisis detallado del costo global y de las fluctuaciones de la calidad del alimento.

Cuando existen diferencias en el costo global del alimento, lo más indicado es hacer una evaluación mediante las determinaciones del factor de conversión económico del alimento (FCAe), lo cual nos manifiesta una relación del costo por la unidad de incremento y nos permite realizar estrategias de manejo de alimentos para obtener el costo mínimo de producción por alimentos (Medina-García, 1982b).

$$FCAe = a(\$) + b(\$)w$$

donde: a y b = Constantes de regresión de FCA/w.

La cantidad de alimento es importante para el crecimiento, la conversión de alimento y la composición química de la trucha (Huisman, 1976; Grayton y Beamish, 1977; Wurtsbaugh y Davis, 1977; Reinitz, 1983a, b). Una baja ración de alimento causa daños a la salud del organismo, sin embargo, un estudio realizado en truchas adultas (0.500 Kg. de peso) sometidas a baja alimentación, no mostraron daños, esto es debido a la talla del pez (Storebakken y Austreng, 1987), ya que los requerimientos metabólicos para mantenimiento en relación con el peso corporal, son relativamente más grandes para peces pequeños que para peces grandes (Brett y Groves, 1979).

El incremento en el factor de condición es reflejo del almacenamiento de reservas de energía como grasa (Bromley, 1980b, 1981) producto de la sobrealimentación, afectando el enrobustecimiento del cuerpo (Reinitz, 1983b;

Storebakken y Austreng, 1987) y el incremento en el volumen y peso de los intestinos (Bromley, 1981).

#### 2.6.4. Factor de condición.

La condición física de los animales, referenciada como una relación entre el peso del animal y su talla, da una aproximación del estado de robustez de los animales (Bagenal y Tesch, 1978; Halver, 1972; Hasting, 1976; Kuri-Nivón, 1980; Lagler, 1956; Medina-García, 1976, 1980; Nikolsky, 1963; Paloheimo y Dickie, 1965 y 66a; Parker y Larkin, 1959; Ricker, 1948 y 1975), y juega un papel compensatorio, ya que contribuye positivamente o negativamente en la población (Bagenal y Tesh, 1978; Buterbaug y Willoughby, 1967; Gulland, 1969; Halver, 1972; Haskell, 1959; Klekowsky y Duncan, 1975; Nikolsky, 1963; Paloheimo y Dickie, 1965 y 1966a; Parker y Larkin, 1959; Pauly, 1984; Ricker, 1948 y 1975).

Este parámetro nos proporciona datos cuantitativos que nos permiten comparar poblaciones sometidas a diferentes variables (Nikolsky, 1963; Lagler, 1962). El Factor de Condición se origina de una relación de peso / longitud, cuya formula general es:

$$W = aL^b$$

Si se despeja la ordenada en el origen tenemos  $a = W / L^b = K = Q$ ; que son las siglas más comunes con que se expresa el Factor de Condición. Fulton en 1902 (fide Villalobos, 1983) observo que la pendiente  $b$  era aproximadamente igual a 3 y definió la siguiente ecuación:

$$K = (W / L^3) 100$$

y se dice que indica la condición del pez en términos numéricos (grado de bienestar, robustez, gordura); así podríamos estimar si un pez en determinado

cuerpo de agua está más gordo (repercutiendo positivamente en la biomasa) o más flaco y que conjuntamente con otros estudios poblacionales, se podría deducir bajo que condiciones se obtienen los mejores rendimientos.

Ricker (1971) considera que es más exacto manejar el valor original de  $b$  y propone la ecuación  $K = W / L^b$ , en donde  $b$  es el exponente de la regresión de  $W/L$ , y se menciona que el factor  $K$  varía en función de la edad (si el pez tiene un crecimiento alométrico), estado de madurez y cambios estacionales.

La necesidad de encontrar un factor de condición que considere la altura de los organismos, surge con la presencia de animales con crecimiento alométrico, producto del poco o casi nulo control de poblaciones libres en cuerpos de agua, tendiendo a perder las características fenotípicas producidas por una selección específica, tal es el caso de la carpa de Israel, en donde los animales tienden a hacerse proporcionalmente más largos, se incrementa el tamaño de la cabeza, etc. dando por consecuencia un producto con menor carne por unidad de peso y una estimación inefectiva del valor de  $K$ , ya que se pueden tener peces largos y gordos, cortos y gordos, largos y flacos, cortos y flacos, de tal manera que no se puede atribuir con este único valor si el animal está gordo o flaco (Medina-García, 1976). Al introducir la altura máxima del animal en la fórmula, da como resultado el Factor de Condición Múltiple (KM), cuya ecuación es:

$$K_m = W / aL^b A^c$$

donde:  $b$  y  $c$  son las pendientes de la regresión múltiple potencial de peso/longitud y peso/altura. Métodos específicos para determinarlos, se pueden encontrar en: Kuri-Nivón, 1980.

Este indicador conjuntamente con el crecimiento y la conversión alimenticia forman la base principal de la evaluación de los efectos de los alimentos, ya que el animal puede crecer, engordar o ambos, y el evaluador debe saber diferenciar las respuestas (Kuri-Nivón, 1988).

El factor de condición es específico para cada especie, y por otro lado varía según la calidad y cantidad de alimento por lo que se puede relacionar con el

factor de conversión de alimento, donde el análisis de ésta relación nos da información sobre las necesidades alimenticias de la población con respecto al tiempo.

El factor de condición múltiple (KM) tiene aplicación en los siguientes campos generales:

-En la Evaluación de Alimentos, dando como resultado un indicador para saber si el animal está engordando o creciendo o ambos.

-En el Manejo de Poblaciones. Mantener una población demasiado flaca o gorda tiene resultados negativos; por un lado los animales flacos tienen pocas defensas a parásitos y enfermedades, siendo así un peligro para el resto de la población, la presencia de una proporción pequeña de animales flacos indica la necesidad de un manejo y selección de tallas, por otro lado, si gran parte de la población es flaca, se requiere poner atención a los alimentos, las densidades y capacidad de carga.

En el caso en que se encuentran animales gordos, se puede presentar un problema de desperdicio de alimentos, al mismo tiempo los animales excesivamente gordos tienen trastornos digestivos y pueden enfermar fácilmente. Lo óptimo es conservar a la población en niveles medios o ligeramente gordos.

-En la Selección de Reproductores. En función del KM está: el potencial reproductivo, el tamaño y sobrevivencia del huevo y alevines, el período de incubación y alevinaje, la reabsorción del saco vitelino. Tomando el KM como un indicador en la selección de reproductores, se incrementa el margen de seguridad para que las características fenotípicas seleccionadas se manifiesten en un mayor número proporcional de organismos.

### III. OBJETIVOS.

- Evaluar dos tipos de alimentos balanceados para trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*, Smith y Stearley 1989), en función de los efectos que producen en su dinámica poblacional y sus costos.

- Determinar de los dos distintos alimentos balanceados, el que produce mejores resultados en cuanto a crecimiento, factor de conversión de alimento, factor de condición y mortalidad de juveniles de trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*, Smith y Stearley 1989).

#### IV. AREA DE ESTUDIO.

La granja se localiza en el municipio de Malinalco, 1 km. al Sur del pueblo del mismo nombre, con acceso mediante carretera de 100 Km. desde la ciudad de México y un tramo de camino empedrado de 500 m. Sus coordenadas geográficas son 18° 55' latitud Norte y 99° 30' longitud Oeste a una altitud de 1730 m.s.n.m. (García, 1979). Tiene un clima semicálido con temperaturas medias mensuales de 17.0° C en enero y 21.9° C en mayo, con lluvias en verano principalmente. El terreno tiene un área aproximada de 2.5 ha., ligeramente accidentado con una delgada capa de materia vegetal subyaciéndolo roca volcánica. La vegetación de la zona es Selva Tropical Perenifolia. Dentro del terreno nacen cinco manantiales con una temperatura constante de 17.5 a 18.0° C.

El sistema cuenta con tres áreas para la producción de trucha:

- Sala de ecloción de huevo, con 6 canaletas de concreto de 4.0 m. de largo, 0.5 m. de ancho y 0.35 m. de profundidad.

- Area de desarrollo, constituida por 8 canales de corriente rápida de 30.0 m. de longitud, 1.5 m. de ancho y 1.0 m. de profundidad; un canal de corriente rápida que varía solo en el ancho, 3.0 m, con una pendiente de 0.5 a 1.0% hacia la descarga, construidos de mampostería.

- Area de finalización en la que se utilizan canales similares a los anteriores pero con un ancho de 3.0 m., dispuestos en baterías, de 6 a 8 canales, haciendo un total de 36.

Además la granja cuenta con una sala de exhibición, en la cual el producto esta a la vista del consumidor una vez que ha alcanzado la talla comercial de 250 a 300 g., sala de ventas, dos restaurantes, dos áreas de pesca, almacén y

oficinas. El producto se comercializa localmente, mediante la venta del producto fresco entero y la modalidad de pesca de truchas (Fig. 6).

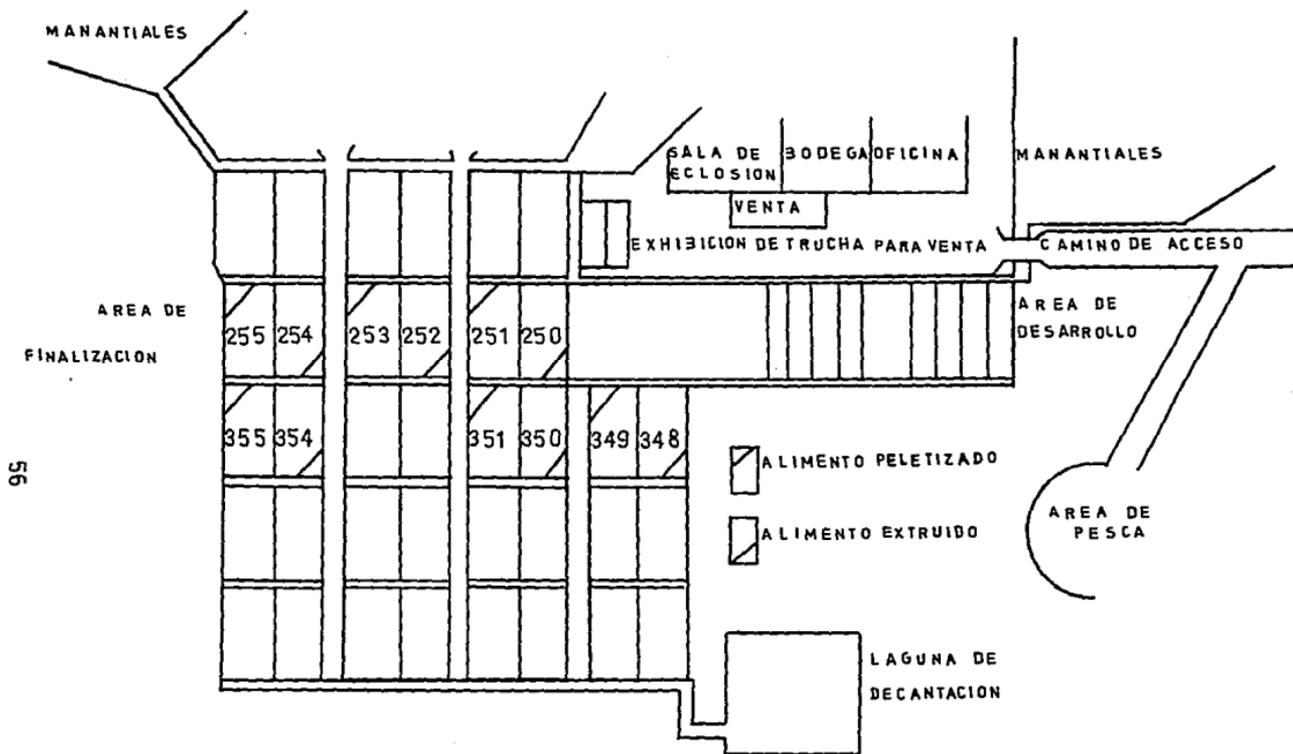


FIGURA 6. PLANTA ESQUEMATICA DE LA GRANJA DE TRUCHA  
MALINALCO, EDO. DE MEXICO.

## V. METODOLOGIA.

### 5.1. Trabajo de campo.

El trabajo de campo se inició el 26 de noviembre de 1990 y finalizó el 21 de enero de 1991.

Para la evaluación de los alimentos, se utilizaron 6 canales de corriente rápida de 90 m. cúbicos de capacidad por cada dieta. La asignación de los canales se realizó de manera alterna (Fig. 6) dado que se presentan variaciones en el flujo de agua entre un nivel y otro (Tabla 11).

Previamente a la evaluación se cuantificaron y homogeneizaron longitudes de las poblaciones en base a similitudes observadas. Los organismos se acorralaron en la parte central de cada estanque con la ayuda de separadores tipo cerco. Cada animal se escogió con una red, permaneciendo en el estanque aquellos que se sometieron a prueba.

Durante la fase inicial se determinaron las características morfométricas para cada población escogiendo 40 organismos al azar de cada una de ellas, para establecer longitudes, alturas y pesos promedios con que daría comienzo la evaluación (Tabla 7).

Para obtener la longitud total, cada animal era medido desde la punta de la boca hasta la terminación de la aleta caudal y para la altura, la parte más alta del mismo, con un ictiómetro graduado en centímetros con un grado de precisión de 1 mm.

El peso se determinó con una balanza de reloj marca Hansen de 500 g. de capacidad con un gramo de precisión. Cada espécimen para ser pesado se envolvió en un lienzo para evitar que el animal se maltratara, a este registro se le restó el peso del lienzo para así obtener el peso real de la trucha.

El mismo procedimiento se realizó cada catorce días haciendo un total de 5 muestreos, dejando el día anterior al muestreo en ayuno a las poblaciones, ya

que se sabe que el contenido intestinal puede influir en el factor de condición (Nikolsky, 1963), así como evitar la regurgitación del alimento al momento de ser muestreados pudiendo provocar asfixia. Los animales que morían se retiraron diariamente y cuantificaron.

Para determinar la cantidad de alimento a suministrar (CAS) en cada uno de los canales sometidos a prueba, se tomo como referencia una tabla de alimentación descrita por Klontz (1989) la cual considera la interrelación de longitud y temperatura, dando los kilogramos de alimento a suministrar por cada 100 Kg. de pez. Se consideran longitudes y temperaturas promedio de cada periodo, haciendo los ajustes necesarios de biomasa (Tabla 8).

Por ejemplo, de dicha tabla podemos observar que para animales de 19 cm. de longitud a 18<sup>o</sup> C de temperatura se recomienda 1.88 kg. de alimento por cada 100 kg. de pez.

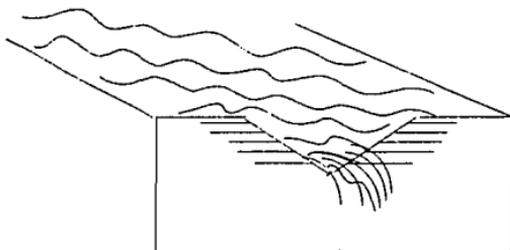
La alimentación se realizó con una frecuencia de 4 veces al día, de lunes a domingo en los siguientes horarios: 8:00; 11:00; 14:00 y 17:00 hrs. La distribución fue de forma manual, haciendo el reparto lo más regular y uniforme en tiempo y espacio para que las truchas aprovecharan el alimento proporcionado.

Se evaluaron dos tipos de alimento en su presentación de peletizado y extruido, con diferentes niveles de nutrientes como se detalla en la tabla 9. Ambos alimentos se tamizaron con un cernidor de madera y malla metálica de 4 mm. de apertura de luz, para calcular el porcentaje de finos que repercuten de manera importante en los costos.

Se realizó limpieza diaria de los estanques mediante barrido para retirar el material sedimentado que pudiera incrementar la demanda biológica de oxígeno durante el proceso de descomposición, reduciendo el disponible para los peces.

Los parámetros fisicoquímicos tomados fueron los siguientes: temperatura, oxígeno disuelto, pH y flujo de agua (Tablas 10 y 11).

- La temperatura se midió diariamente en la parte final de cada canal con un termómetro de  $-20$  a  $110^{\circ}$  C de escala con  $1^{\circ}$  C de precisión, por la mañana (7:00 hrs.), tarde (14:00 hrs.) y noche (20:00 hrs.), obteniéndose temperaturas promedio para cada muestreo.
- El oxígeno disuelto se midió diariamente también en la parte final de cada estanque, por las mañanas antes de alimentar a los animales con un oxímetro modelo Handy, marca Zeigler que proporciona niveles de concentración en ppm. y porcentaje de saturación de oxígeno, obteniéndose promedios.
- El pH se determinó al inicio y final del trabajo, mediante el método descrito en Standard Methods for the Examination of Water an Wastewater, en el laboratorio de Química del Instituto de Ciencias de la Atmósfera (UNAM).
- El flujo del agua se midió semanalmente para obtener valores promedio en cada población, mediante el modelo de Klontz (1989), que consiste en colocar un cuadro de madera en la salida de agua el cual debe ser de las mismas medidas de ésta y que presenta una abertura de la parte superior hacia el centro, formando un ángulo de  $90^{\circ}$ , por donde el agua es captada como se muestra en la figura 7, dicha abertura está graduada en centímetros, de tal manera que se toma la lectura donde la cresta de agua alcanza su parte más alta. Este dato se remite a una tabla que proporciona los litros por segundo correspondientes.



**Figura 7. Esquema de la medición del flujo del agua.**

## 5.2. Proceso evaluativo.

Determinación de la Biomasa:

$$\text{Biomasa} = W * \text{número de organismos} \dots\dots\dots (\text{fórmula 1})$$

donde: W= peso promedio poblacional.

Tasa Instantánea de Crecimiento:

$$\text{TIC} = (\text{Ln } W_f - \text{Ln } W_i) / (t_f - t_i) \dots\dots\dots (\text{fórmula 2})$$

donde: Ln  $W_f$  = logaritmo natural del peso final en gramos.

Ln  $W_i$  = logaritmo natural del peso inicial en gramos.

$t_f$  y  $t_i$  = tiempo final y tiempo inicial en días.

Factor de Conversión de Alimento:

$$\text{FCA} = \text{CAS} / \text{incremento de Biomasa} \dots\dots\dots (\text{fórmula 3})$$

donde: CAS = cantidad de alimento suministrado en kilogramos.

incremento de Biomasa = Biomasa final - Biomasa inicial.

$$\text{FCAe} = (\text{cantidad de finos} + \text{CAS}) * \$ \text{ del alimento} / \text{incremento de Biomasa} \dots\dots\dots (\text{fórmula 4})$$

Factor de Condición Múltiple:

$$KM = W / (A^b * a * L^c) \dots\dots\dots (fórmula 5)$$

donde: W= peso promedio en gramos.

A = altura promedio en centímetros.

L = longitud promedio en centímetros.

a, b y c = constantes de la regresión múltiple potencial de peso / altura y peso / longitud.

Tasa Instantánea de Mortalidad:

$$TIM = \text{Ln del número de organismos final} - \text{Ln del número de organismos inicial} / (t_f - t_i) \dots\dots\dots (fórmula 6)$$

Con la ayuda de un programa estadístico, se realizó una prueba de T-student para datos pareados y así determinar diferencias significativas entre las poblaciones sometidas a prueba.

## EXTRUIDO

## PELETIZADO

No. de estanque	No. de organismos	Peso promedio g	DS	Longitud promedio cm	DS	No. de estanque	No. de organismos	Peso promedio g	DS	Longitud promedio cm	DS
250	3110	82.65	17.79	20.90	1.53	251	3110	80.10	16.90	20.70	1.50
252	2912	91.50	18.27	21.83	1.85	253	2912	89.40	18.61	21.09	1.77
254	2862	65.22	18.15	19.68	2.02	255	2862	75.60	18.86	20.19	1.72
348	3123	68.27	15.86	20.00	1.35	349	3123	73.60	14.06	20.39	1.18
350	3500	65.27	13.61	19.72	1.41	351	3500	68.72	17.43	19.90	1.53
354	2673	103.55	26.66	22.97	1.93	355	2673	86.55	20.21	21.23	1.54

Tabla 7. Longitud y peso promedio de los peces al inicio de la prueba.

TEMPERATURA DEL AGUA (°C)

Long cm										
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
3	10.60	11.69	12.78	12.12	11.46	10.80	10.15	8.52	6.91	5.31
4	7.89	8.69	9.49	9.00	8.52	8.03	7.55	6.35	5.15	3.96
5	6.28	6.91	7.55	7.16	6.78	6.39	6.01	5.05	4.11	3.16
6	5.21	5.74	6.27	5.95	5.63	5.31	4.99	4.20	3.41	2.63
7	4.58	5.04	5.50	5.22	4.94	4.67	4.39	3.69	3.00	2.31
8	4.00	4.40	4.80	4.56	4.32	4.07	3.83	3.23	2.62	2.02
9	3.55	3.91	4.26	4.05	3.83	3.62	3.40	2.86	2.33	1.80
10	3.19	3.51	3.83	3.64	3.44	3.25	3.06	2.57	2.09	1.61
11	2.90	3.19	3.48	3.30	3.13	2.95	2.78	2.34	1.90	1.47
12	2.66	2.92	3.19	3.20	2.86	2.70	2.54	2.14	1.74	1.34
13	2.59	2.85	3.11	2.95	2.79	2.63	2.48	2.09	1.70	1.31
14	2.52	2.77	3.02	2.87	2.72	2.56	2.41	2.03	1.65	1.28
15	2.35	2.88	2.82	2.68	2.53	2.39	2.25	1.90	1.84	1.19
16	2.20	2.42	2.64	2.51	2.37	2.24	2.11	1.78	1.45	1.11
17	2.07	2.28	2.48	2.36	2.23	2.11	1.98	1.67	1.36	1.05
18	1.95	2.15	2.34	2.23	2.11	1.99	1.87	1.58	1.28	0.99
19	1.85	2.04	2.22	2.11	2.00	1.88	1.77	1.49	1.22	0.94
20	1.76	1.93	2.11	2.00	1.90	1.79	1.68	1.42	1.15	0.89
21	1.67	1.84	2.01	1.91	1.80	1.70	1.60	1.35	1.10	0.85
22	1.60	1.76	1.92	1.82	1.72	1.63	1.53	1.29	1.05	0.81
23	1.53	1.68	1.83	1.74	1.65	1.55	1.46	1.23	1.00	0.77
24	1.46	1.61	1.75	1.67	1.58	1.49	1.40	1.18	0.96	0.74
25	1.40	1.54	1.68	1.60	1.51	1.43	1.34	1.13	0.92	0.71
26	1.35	1.48	1.62	1.54	1.46	1.37	1.29	1.09	0.89	0.68
27	1.30	1.43	1.56	1.48	1.40	1.32	1.24	1.05	0.85	0.66
28	1.25	1.38	1.50	1.43	1.35	1.28	1.20	1.01	0.82	0.63
29	1.21	1.33	1.45	1.38	1.30	1.23	1.16	0.98	0.79	0.61
30	1.17	1.28	1.40	1.33	1.26	1.19	1.12	0.95	0.76	0.57
31	1.13	1.24	1.36	1.29	1.22	1.15	1.08	0.91	0.74	0.57
32	1.09	1.20	1.31	1.25	1.18	1.11	1.05	0.88	0.72	0.55

Tabla 8. Kilos de alimento por cien kilos de peces (Klontz, 1989).

Tipo de alimento	Nivel de proteína %	Nivel de grasa %	Fibra %	Ceniza %	Costo por Kg.
Extruido	40.0	9.0	6.0	10.0	NS\$ 1.77
Pelotizado	42.0	15.0	4.0	15.0	NS\$ 1.81

Tabla 9. Características de los alimentos.

Fecha	Temperatura °c	Oxígeno disuelto ppm.	pH
Nov. 26-90	17.3	6.0	7.8
Dic. 10-90	17.3	6.0	
Dic. 24-90	17.3	7.0	
Ene. 7-91	17.3	7.0	
Ene. 21-91	17.3	7.0	7.8

Tabla 10. Datos de Temperatura, Oxígeno disuelto y pH para cada muestreo.

Extruido		Pelotizado	
No. de estanque	Flujo de agua lt/s.	No. de estanque	Flujo de agua lt/s.
250	44	251	40
252	35	253	38
254	36	255	36
348	47	349	45
350	50	351	52
354	55	355	56

Tabla 11. Datos de flujo de agua para cada estanque.

## VI. RESULTADOS.

La fase experimental tuvo una duración de 56 días, abarcando 5 períodos de muestreos morfológicos durante los cuales la temperatura del agua se mantuvo constante (17.3° C). El oxígeno disuelto varió de 6.0 ppm. a 7.0 ppm., el pH medido al inicio y final de la evaluación fue de 7.8 y el flujo del agua tuvo un rango de 35 l/s a 56 l/s.

En la tabla 12 se indica: número de estanque, número inicial y final de organismos, pesos y longitudes iniciales y finales, biomasa inicial y final, porcentaje de alimento suministrado, incrementos en peso y longitud, así como el número de organismos muertos.

En dicha tabla se observa que los pesos promedio más altos se obtuvieron en los estanques 252 con 139.60 g. y 253 con 139.07 g. alimentados con extruido y peletizado respectivamente.

Con respecto a la biomasa global, el valor más alto se presentó en las poblaciones alimentadas con peletizado que fue de 2310.40 kg., mientras que en las poblaciones de extruido fue de 2177.30 kg. De igual manera en éstas se presenta un mayor número de organismos muertos, 381 contra 216 del peletizado.

Las estimaciones parciales de Incremento de Biomasa, Cantidad de Alimento Suministrado (CAS), Factor de Conversión de Alimento (FCA), Tasa Instantánea de Crecimiento (TIC), y Tasa Instantánea de Mortalidad (TIM) se muestran en la tabla 13.

Nuevamente se observa, que con el alimento peletizado se obtuvo un mayor incremento de biomasa, 882.98 kg.

Analizando el Factor de Conversión de Alimento (FCA) global, se observa un mejor rendimiento en el caso del peletizado, con un valor de 1.5329.

De manera general las Tasas Instantáneas de Crecimiento parciales fueron mayores con el alimento peletizado, asimismo se obtienen valores más bajos de la Tasa Instantánea de Mortalidad (TIM).

En la tabla 14 se aprecia las diferencias entre las dietas, considerando porcentaje de mortalidad, porcentaje de incremento de su peso inicial, FCA global, cantidad de finos, FCA económico, TIC y TIM.

Respecto al Factor de Condición, los valores más altos de KA, KM y K se presentan en los estanques 254 (0.80), 350 (1.17), 252 y 254 (0.85) para el extruido, mientras que para el peletizado se presentaron en el 255 (0.82), 349 (1.17) y 255 (0.84). (Tabla 15).

Los resultados de la prueba de "t" se muestran en la tabla 16.

EXTRUIDO.

Número de estanque	Número inicial de organismos	Número final de organismos	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Longitud inicial (cm)	Longitud final (cm)	Biomasa inicial (Kg)	Biomasa final (Kg)	% alimento suministrado	Incremento en peso (g)	Incremento en longitud (cm)	Incremento de biomasa (Kg)	No. de organismos muertos
250	3110	3045	82.65	110.32	20.90	22.86	256.88	335.92	89.93	27.67	1.96	79.04	65
252	2912	2863	91.50	139.60	21.83	24.01	266.40	399.67	86.71	48.10	2.18	133.27	49
254	2862	2778	65.22	123.45	16.60	22.93	186.60	342.94	115.76	58.23	6.33	156.34	84
348	3123	3057	68.27	109.22	20.00	22.57	213.20	333.88	103.19	40.95	2.57	120.68	66
350	3500	3442	65.79	117.27	19.72	23.29	230.26	403.64	100.10	51.48	3.57	173.30	58
354	2673	2614	103.55	138.20	22.47	25.23	276.78	361.25	81.29	34.65	2.76	84.47	59
Σ	18180	17799					1430.12	2177.30				747.18	381

PELETIZADO.

Número de estanque	Número inicial de organismos	Número final de organismos	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Longitud inicial (cm)	Longitud final (cm)	Biomasa inicial (Kg)	Biomasa final (Kg)	% alimento suministrado	Incremento en peso (g)	Incremento en longitud (cm)	Incremento de biomasa (Kg)	No. de organismos muertos
251	3110	3072	80.10	130.30	20.70	23.81	249.11	400.28	92.73	50.20	3.11	151.17	38
253	2912	2882	89.40	139.07	21.09	24.33	260.30	400.79	88.74	49.67	3.24	140.49	30
255	2862	2822	75.60	128.47	20.19	23.39	216.30	362.54	99.72	52.87	3.20	146.24	40
349	3123	3081	73.60	122.57	20.39	23.59	229.85	377.63	95.71	48.97	3.20	147.78	42
351	3500	3459	68.72	116.57	19.90	23.29	240.52	403.21	95.83	47.85	3.39	162.69	41
355	2673	2648	86.55	138.20	21.23	24.38	231.34	365.95	97.26	51.65	3.15	134.61	25
Σ	18180	17964					1427.42	2310.40				882.98	216

Tabla 12. Datos poblacionales de los estanques sometidos a la evaluación.

## Extruido

## Peletizado

Número de estanque	Incremento de biomasa (Kg)	CAS (Kg)	FCA	TIC	TIM	Número de estanque	Incremento de biomasa (Kg)	CAS (Kg)	FCA	TIC	TIM
250	79.04	231.0	2.9225	0.005156	-0.0003771	251	151.17	231.0	1.5280	0.008688	-0.0002195
252	133.27	231.0	1.7333	0.007543	-0.0003030	253	140.49	231.0	1.6442	0.007890	-0.0001849
254	156.34	216.0	1.3816	0.011394	-0.0005319	255	146.24	216.0	1.4770	0.009468	-0.0002513
348	120.68	220.0	1.8230	0.008390	-0.0003814	349	147.78	220.0	1.4886	0.009107	-0.0002917
350	173.38	230.5	1.3294	0.010321	-0.0002983	351	162.69	230.5	1.4168	0.009436	-0.0002104
354	84.47	225.0	2.6636	0.005154	-0.0003985	355	134.61	225.0	1.6714	0.008356	-0.0001677
Σ	747.18	1353.5					882.98	1353.50			

Tabla 13. Valores poblacionales obtenidos.

Tipo de alimento	Número de organismos		% de mortalidad	Peso promedio en g.		Incremento de peso en g.	% de incremento de su peso inicial	CAS Kg.	Incremento de biomasa (Kg)
	inicial	final		inicial	final				
Extruido	18180	17799	2.10	79.49	123.01	43.52	54.75	1353.5	747.18
Peletizado	18180	17964	1.19	78.99	129.19	50.20	63.55	1353.5	882.98

FCA global	Diferencia en FCA	DS	Cantidad de finos (Kg)	FCA <sub>s</sub> NS/Kg. de trucha	Diferencia en NS	TIC	Diferencia en TIC	TIM	Diferencia en TIM
1.8115	+0.2786	0.6666	62.53	3.35		0.007797		-0.00037821	+0.00016478
1.5329		0.1	22.05	2.82	-0.53	0.008785	+0.000988	-0.00021343	

Tabla 14. Diferencias obtenidas para ambas dietas.

No. de estanque	Inicial			Final		
	KA	KM	K	KA	KM	K
250	0.77	1.01	0.75	0.79	0.98	0.78
252	0.79	0.97	0.75	0.79	1.05	0.85
254	0.76	0.99	0.71	0.80	1.06	0.85
348	0.75	0.99	0.69	0.72	1.13	0.80
350	0.77	0.97	0.70	0.69	1.17	0.78
354	0.77	1.01	0.76	0.71	1.16	0.83
$\bar{\Sigma}$	0.7683	0.99	0.7266	0.75	1.0916	0.815

No. de estanque	Inicial			Final		
	KA	KM	K	KA	KM	K
251	0.78	1.00	0.74	0.79	1.01	0.82
253	0.80	1.02	0.79	0.79	1.02	0.83
255	0.76	1.04	0.75	0.82	1.02	0.84
349	0.77	0.97	0.71	0.69	1.17	0.79
351	0.77	0.98	0.71	0.71	1.13	0.78
355	0.77	1.01	0.75	0.71	1.16	0.81
$\bar{\Sigma}$	0.775	1.0033	0.7416	0.7516	1.085	0.8116

Tabla 15. Valores de condición obtenidos al inicio y final de la evaluación para cada uno de los estanques.

EXTRUIDO				PELETIZADO			
Estanque		T		Estanque		T	
250	252	3.047006	D	251	253	6.121529	D
	254	1.402364	ND		255	4.756892	D
	348	3.139340	D		349	4.936563	D
	350	2.414755	ND		351	7.688303	D
	354	8.043127	D		355	3.489897	D
252	254	4.285184	D	253	255	5.837039	D
	348	11.24727	D		349	6.120087	D
	350	9.082488	D		351	9.555131	D
	354	3.289640	D		355	0.314572	ND
254	348	0.644816	ND	255	349	4.041105	D
	350	1.617360	ND		351	7.653548	D
	354	5.838414	D		355	4.994835	D
348	350	1.065248	ND	349	351	4.902276	D
	354	21.06985	D		355	6.450266	D
350	354	8.722105	D	351	355	7.723951	D

D = Diferencia significativa.  
 ND = No diferencia significativa.

Tabla 16. Prueba de T Student para datos pareados.

## VII. DISCUSION.

La evaluación de un alimento no sólo debe realizarse desde el punto de vista nutricional o de su grado de digestibilidad para la especie con la que estamos tratando, sino que también se debe considerar aspectos tales como: tamaños de la partícula, dispersión de la misma, situación particular de la población de organismos a los que se les esté evaluando, etc. El objeto de este trabajo no es tan amplio como para evaluar todos los factores interrelacionados, pero si se contemplan los más importantes que están asociados a la dinámica poblacional y a los efectos de los mismos en las poblaciones.

Con el objeto de dar una secuencia simple a esta parte de la discusión, se analizará en primer término la relación de cada uno de los parámetros por separado; a medida que se vaya avanzando se harán interrelaciones entre ellos, es decir, se interpretará de lo simple a lo complejo.

La tasa instantánea de crecimiento es un indicador que determina los grados de incremento del peso de los organismos en relación proporcional a sus tallas particulares. Esto es muy importante ya que los crecimientos de los organismos no son estáticos, sino que varían de acuerdo a la temperatura, cantidad, calidad, frecuencia y distribución del alimento, fotoperíodo, estado de madurez, etc.

Se remarca la relación de estos factores ya que es frecuente observar que se represente al crecimiento como un valor constante en una regresión lineal, por ejemplo g/mes, cm./mes, tal como se puede observar en la figura 4 (pág. 41).

Esta creencia es uno de los factores que provoca más error en las evaluaciones de alimento o en las decisiones del manejo de las poblaciones.

Un individuo sometido a situaciones específicas de temperatura, densidad, etc., tiene un rango potencial de crecimiento y no una sola posibilidad para incrementar su talla o peso, pero al mismo tiempo, mientras que en el sentido superior de dicho rango se tiene un límite, en el sentido inferior la tasa de crecimiento puede ser igual a cero.

El rango superior está restringido por aspectos ambientales y poblacionales, se dice que hay efectos limitantes del crecimiento. (Fig. 8).

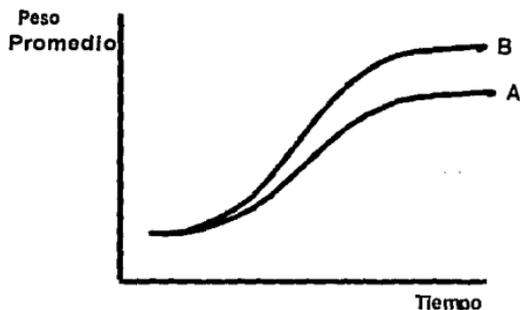


Figura 8. Representación de una curva de crecimiento.

Por ejemplo, una población situada en la línea A sometida a las mismas condiciones ambientales y poblacionales que otra, puede tender hacia un crecimiento ubicado en la línea B si se le suministra una mayor cantidad de alimento, no obstante llegará un momento en que a pesar de que se incremente la cantidad de alimento, esa población no crecerá más allá de lo representado en la línea B ya que éste es su límite máximo de su crecimiento potencial. En el caso contrario el organismo puede dejar de crecer si solamente se le suministra un alimento en cantidades de mantenimiento, y peor aún si se le suministran todavía menores cantidades, el animal empieza a enflacar, enfermar y morir.

Como se puede observar en la tabla 13 (pág.68) las tasas de crecimiento en los dos tipos de alimento disminuyen en relación al peso promedio de los animales en cada unidad de tiempo, por ejemplo los valores para alimento extruido demuestran que los animales más pequeños presentaron una tasa instantánea de 0.011394 mientras que los animales más grandes tuvieron una tasa de 0.005154.

Es muy importante señalar que los valores de temperatura no manifestaron una variación muy importante durante el período de experimentación, de tal forma que esta disminución de la tasa no está asociada a variaciones de temperatura. Si bien esta tendencia se nota de manera general en las representaciones globales de las tasas de crecimiento en relación a su talla, también lo es en las secuencias particulares de un estanque.

Por ejemplo, en el estanque 254 (Tabla 17), las tasas instantáneas van disminuyendo conforme el animal va creciendo, siguiendo el patrón general de la gráfica Tasa Instantánea de Crecimiento representada en la figura 5 (pág. 42).

Tiempo	Peso promedio	TIC
1	65.22	0.0192
2	85.40	-
3	81.50	0.0173
4	103.90	0.0123
5	123.45	-

Tabla 17. Tasas Instantáneas de crecimiento para el estanque 254.

Al comparar las Tasas Instantáneas de Crecimiento (TIC) entre los dos tipos de alimento se puede observar que los valores promedio parciales más altos se manifestaron con el alimento peletizado (Tabla 13), por lo que en términos generales esta población alcanzó un crecimiento global más acelerado tal como se puede apreciar en la tabla 14.

Como se muestra en la tabla 13 los valores parciales de crecimiento para el caso del alimento extruido fueron de 0.011394 en el estanque 254 como la más alta y de 0.005154 en el estanque 354 como el valor más bajo, dando una diferencia de 0.00624, mientras que para el alimento peletizado se obtuvieron

valores de 0.009468 en el estanque 255 y 0.007890 en el estanque 253, con una diferencia de 0.001578.

De manera que los valores globales de crecimiento fueron de 0.007797 para el extruido y 0.008785 para el caso del peletizado, así que la diferencia de estos valores es de 0.000988 en favor de este último (Tabla 14).

El Factor de Conversión de Alimento (FCA) es una relación del incremento de la población en función de la cantidad de alimento suministrado. Lleva implícito valores como alimento no consumido, alimento consumido utilizado para funciones metabólicas, gasto de energía, maduración de la gónada, etc., y alimento consumido empleado para crecimiento (Fig. 1, pág.16).

En el caso concreto del presente experimento, dada la edad y talla de los animales, no se observaron organismos maduros gonádicamente, ya que estos alcanzan la madurez a la edad de 1.5 a 2.5 años (Aguilera y Noriega, 1986), de tal forma que no se manifestó el aprovechamiento del alimento para el desarrollo de la gónada puesto que son animales menores de un año de edad.

Esto es importante en la evaluación de los efectos de los alimentos, puesto que por cuestiones fisiológicas los animales reducen su crecimiento e inclusive éste llega a detenerse en la época de madurez, es decir, gran parte de la energía consumida se utiliza en el desarrollo de la gónada (Grodzinski, Klekowisky y Duncan, 1975).

Los valores obtenidos del Factor de Conversión de Alimento para el extruido fueron de: 2.9225 para el estanque 250 como el más alto y de 1.3294 en el estanque 350 como el más bajo, con un factor de conversión global de 1.8115; mientras que para el peletizado el valor más alto y más bajo fue de 1.6714 en el estanque 355 y 1.4168 en el estanque 351, con un factor de conversión global de 1.5329 (Tabla 13).

Las diferencias en los factores de conversión globales muestran una mayor ventaja para el alimento peletizado con un valor de 0.2786.

Se puede observar que para el caso de este alimento se obtuvo un valor promedio de 1.5329 con una desviación estandar de 0.1000, mientras que en

el caso del alimento extruido se obtuvo una media de 1.8115 con una desviación estandar de 0.6666, es decir no solamente se obtuvieron valores más bajos del factor de conversión de alimento en el caso del peletizado, sino que la respuesta fue más homogénea que al emplear el alimento extruido.

Lo anterior está íntimamente relacionado con las variaciones del crecimiento mencionadas anteriormente, ya que el Factor de Conversión de Alimento (FCA) se determina a partir de las variaciones de las biomásas y éstas a su vez de las variaciones del peso promedio con el número de animales.

La mortalidad es un parámetro que si bien actúa de manera negativa en la población, disminuyendo el número de animales existentes y como consecuencia el de la biomasa, en el presente estudio no tuvo gran influencia en los resultados; como se puede observar en las tablas 13 y 14, las variaciones en la mortalidad interpoblacional y entre ambas poblaciones fueron mínimas, por lo que las respuestas del FCA obedecen más a las variaciones de crecimiento y como se mencionará más adelante a la cantidad proporcional de alimento suministrado.

Con respecto al Factor de Condición, es muy importante mencionar que las poblaciones empleadas fueron seleccionadas tratando de homogeneizar las tallas y las características de los animales, para que ambos alimentos pudieran constatar de la mejor manera las respuestas.

Si bien en términos generales se pudieron estandarizar los valores de la longitud, otros valores presentan dispersiones más amplias como se puede ver en la tabla 15, tanto los valores del Factor de Condición Múltiple (KM) como los de altura (KA) se manifestaron en valores inferiores a la media recomendada de 1.0 (Medina-García, com. per.); de manera más notoria se observan los valores de altura, ya que este indicador representa uno de los niveles más estables para evaluar las características de condición global de los animales, es decir en su inicio estuvieron flacos, con poca consistencia en el tejido aparte de ser animales alargados, presentando poca altura en relación a su longitud. Medina-García (com. pers.) señala que los animales sujetos a bajas condiciones de alimentación disminuyen la altura en relación a su longitud, por lo que se manifiestan animales alargados; en caso contrario, cuando se encuentran en buen estado, la altura aumenta proporcionalmente

hasta límites definidos genéticamente, asimismo aumenta el peso y los otros indicadores de condición.

Los valores para K, KA y KM que deben tener en promedio las poblaciones, giran alrededor de 1.0, es decir un valor de KA igual a 0.76, significa que estos animales están un 24% abajo de la media recomendada en su relación altura/longitud.

Aún cuando en el proceso experimental los valores de K y KM tienden a subir, en el caso de KA las diferencias son mínimas, dando valores promedios de 0.7683 inicial y de 0.7500 final para el alimento extruido. Esto es un reflejo de la situación general de la población al inicio del experimento, que como se ha podido observar, se encontraban flacos en lo general, aunado a ello, las cantidades de alimento suministrado fueron insuficientes, de tal forma que no sirvieron para reflejar un incremento considerable en el cambio de la población, sin embargo, es importante observar que se lograron incrementos en los otros factores de condición, así como en el incremento poblacional (Biomasa) con bajos niveles de conversión de alimento. Esto nos lleva a deducir que cantidades más apropiadas de alimento hubieran repercutido más directamente en los valores de KA.

Lo anterior no fue limitante del valor de K, puesto que los animales al término del experimento pesaron proporcionalmente más que al inicio, lo mismo se observa en los niveles de KM que van de valores de 0.9900 a 1.09160, lo que representa una mayor densidad y firmeza de músculo para los animales al término del experimento.

Al estar la población en niveles inferiores de K y KA a la media poblacional teórica, se puede manifestar los efectos del alimento en varias direcciones, resultando dos de ellas: crecimiento y condición.

Algunos autores consideran que animales sometidos a ayuno cuando reinician su alimentación pueden crecer a niveles más acelerados que los animales sometidos a una alimentación normal, siempre y cuando la población no se encuentre en niveles de senilidad o en niveles críticos de condición. En este caso concreto, los niveles de condición si bien estuvieron bajos, no alcanzaron el nivel crítico de 0.5 para estos animales (Medina-García, com. pers.).

Los niveles bajos de condición señalados repercutieron de alguna manera en el comportamiento del crecimiento de las poblaciones tratadas, ya que como puede observarse en la tabla 16, los comportamientos de los crecimientos fueron muy aleatorios, ya que se esperaba una relación más significativa en las pruebas de "t" representadas, y no la presencia de relaciones sin significancia.

Consideramos que para ese tipo de dispersiones influyen también la heterogeneidad de las raciones que se fundamentaron en la tabla 8 (pág. 63).

De manera general las poblaciones disminuyeron ligeramente en su factor KA, aumentaron en su factor K y en el KM alcanzaron los niveles medios poblacionales.

De modo que para el alimento peletizado tenemos valores de: KM= 1.0033 inicial, 1.0850 final; K= 0.7416 inicial, 0.8116 final, mientras que para el extruido los valores son: KM= 0.9900 inicial, 1.09160 final; K= 0.7266 inicial, 0.8150 final.

Ahora bien, es muy importante mencionar que la cantidad de alimento se determinó mediante una tabla específica (Klontz, 1989). Dicha tabla no fue diseñada para el caso concreto de estos alimentos, lo cual se comprobó al observar que tanto los valores de factor de conversión de alimento como los de crecimiento se manifestaron en términos proporcionales a las de la cantidad de alimento suministrado; esto implica que en todos los casos la cantidad de alimento recomendada por la tabla fue inferior a los requerimientos de alimento de estos animales, de lo que se infiere que la tasa de crecimiento pudo haberse mejorado con cantidades óptimas, sin verse afectado los valores de conversión de alimento, es decir, tal como se señala en la figura 8 (pág. 72) se pudo obtener un crecimiento más cercano a los crecimientos potenciales de estos animales.

Lo recomendable en este caso es, o bien diseñar una tabla que se adecúe a las condiciones y necesidades del sistema, así como a las características del alimento, o bien definir las cantidades de alimento a suministrar en base a crecimientos potenciales, talla del animal, temperatura y factor de condición.

De acuerdo a los resultados de los indicadores de crecimiento, conversión y condición, se obtiene que el alimento que mejores efectos mostró en la población fue el peletizado, sin embargo, adicionalmente deben considerarse otro tipo de factores asociados al manejo del alimento, como lo es el contenido de finos.

En el caso particular de la fase experimental, el alimento fue tamizado para eliminarlos. Si éstos no son separados antes de ser adicionado el alimento, provocará mayor grado de suciedad en los estanques, lo que conlleva a una presencia elevada de materia orgánica en el medio, lo cual significa una baja de oxígeno disuelto y por tanto, una mayor proliferación de bacterias y consecuentemente un mayor potencial para provocar epizootias.

En términos generales, conviene más eliminar los finos antes de la adición, que introducirlos en el estanque.

Asimismo, el alimento fue suministrado de forma manual tratando de reducir el número de variables por efecto de distribución, con el fin de minimizar el alimento desperdiciado.

No obstante en los análisis de costos, los finos forman parte del costo global en el proceso de alimentación (Kuri-Nivón, 1988). Al analizar estos valores de acuerdo a la fórmula 4 se obtiene lo siguiente:

		EXTRUIDO	PELETIZADO
Incremento en biomasa =		747.18 Kg.	882.98 Kg.
\$/Kg. de alimento =	N\$	1.77	N\$ 1.81
CAS =		1,353.5 Kg.	1,353.5 Kg.
Finos =	+	<u>62.53</u>	<u>22.05</u>
		1,416.03 Kg.	1,375.55 Kg.

	1,416.03 Kg.	1,375.55 Kg.
	x 1.77 N\$	x 1.81 N\$
Costo Global de Alimento.	N\$ 2,506.3731	2,489.7455

Costo Global de Alimento/ Incremento de Biomasa

N\$ 2,506.3731 / 747.18 = N\$ 3.35 Cuesta producir 1 Kg.  
de trucha con alimento extruido.

N\$ 2,489.7455 / 882.98 = N\$ 2.82 Cuesta producir 1 Kg.  
de trucha con alimento peletizado.

Es importante señalar que el costo global del alimento es particular a cada granja en el que se tienen que comprender los siguientes aspectos:

- Actividades y sistemas asociados al mecanismo de compra.
- Transporte del alimento.
- Costo de almacenaje del alimento en la granja.
- Costos asociados a la diversidad del tamaño de la partícula de los alimentos disponibles en el mercado.
- Costos asociados al factor de pérdida del alimento.

Como fue mencionado en el contexto de este trabajo, la alimentación representa de manera general entre un 40 y 60% de los costos globales de operación, por lo que debe considerarse como estratégico para lograr una amplia rentabilidad en estos proyectos.

Haciendo un análisis global de lo que se ha venido tratando, la realización de estudios de este tipo se tornan importantes, ya que se ha podido constatar que en las Unidades de Producción Acuícola, el técnico o productor acuicola realiza la alimentación sobre bases intuitivas y empiricas, teniendo poco avance en el campo biotécnico.

El crecimiento y la mortalidad son los principales parámetros en la producción de peces en cultivo; para analizarlos tenemos una serie de mecanismos y modelos, los cuales nos sirven para determinar sus tasas respectivas; así mismo, con el fin de complementar la información en el análisis poblacional, contamos con el factor de condición. Los tres parámetros considerados de manera independiente no son de gran utilidad en el proceso productivo, pero interrelaciándolos, dan la base de la estrategia operativa: alimentación, cosecha, capacidades de carga, etc. (Medina-García en proceso).

Es claro que las interacciones de un sistema de multivariables, como lo es una piscifactoría, pueden ser infinitas, la gran mayoría de ellas desconocidas cuantitativamente; por lo que el biotécnico no debe hacer a un lado los conocimientos adquiridos y concretarse a actuar bajo un empirismo o seguir las indicaciones de mecanismos de cultivo ya establecidos, no obstante que lo sean en condiciones diferentes a las nuestras. Tiene que tratar de interrelacionar los parámetros conocidos mediante mecanismos de análisis apropiados para ajustar la información a las condiciones particulares de su sistema.

Por otro lado, se han logrado buenos resultados en lo que se refiere a la engorda de trucha, pero consideramos que estos resultados pueden mejorarse si la alimentación de los organismos se considera como una actividad bioeconómica cuyo resultado afectará de manera directa la productividad y rentabilidad del cultivo.

De esta manera, con el adecuado aprovechamiento de las aguas interiores, no solo para la agricultura, eléctrico, doméstico o abrevadero, sino también para explotación piscícola, las actividades acuaculturales se tornan estratégicas para el logro no tan solo de la autosuficiencia alimentaria, sino también para mejorar el nivel de vida de las comunidades rurales.

## VIII. CONCLUSIONES.

- Con el alimento peletizado se obtiene la mejor Tasa Instantánea de Crecimiento (TIC).
- En lo que se refiere al Factor de Conversión de Alimento (FCA), nuevamente se muestra una mayor ventaja para el peletizado.
- Con respecto a la Tasa Instantánea de Mortalidad (TIM), se mostraron efectos similares con ambas dietas, no habiendo diferencia significativa.
- Si bien con ambos alimentos se obtuvieron valores aceptables del Factor de Condición, estos pudieron mejorarse con cantidades adecuadas de alimento.
- El uso de tablas no debe ser empleado como base de alimentación, sino como una guía, aun cuando se tenga información local, haciendo ajustes necesarios conforme el sistema de producción lo requiera.
- Al obtener bajos valores de FCA, mayor Tasa de Crecimiento y un Factor de Condición aceptable, se tiene que el alimento peletizado tiene un mejor efecto poblacional.
- Considerando los valores del Costo Global del Alimento y de Crecimiento, el alimento más barato y con mejores efectos es el peletizado, ya que con N\$ 2.82 se obtiene un kilo de producto y en menor tiempo.

## **IX. RECOMENDACIONES.**

- Es importante que cada unidad de producción obtenga sus propios indicadores poblacionales para tomar decisiones correctas que optimizen su sistema de producción, pues cada granja tiene sus características propias.
- La realización de este tipo de evaluaciones se torna importante, ya que hace posible determinar el efecto de los alimentos existentes en el mercado, en términos nutricionales y de costos de producción y así elegir el que mejor se adecue a las necesidades del sistema productivo.
- Con el objeto de que las Unidades de Producción alcancen niveles de optimización deseados, se recomienda la utilización de este tipo de trabajos como modelo, y con el uso de sistemas de computo integrar datos con posibilidades de ajuste para ser usados en el momento y tomar decisiones inmediatas dentro de la granja.

## X. LITERATURA CITADA.

Aguilera, H. P. y C. P. Noriega, 1986. La trucha y su cultivo. Fondepesca. Secretaria de Pesca. México, 60p.

Alabaster, J. S. y R. Lloyd, 1980. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. FAO. Butterworths, 297p.

Alexis, M. N. et al., 1986. Effect of Diet Composition and Protein Level on Growth, Body Composition, Haematological Characteristics and Cost of Production of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture, Netherlands, 58: 75-85.

Allen, K. R., 1966. A Method of Fitting Growth Curves of the Von Bertalanffy Type to Observed Data. J. Fish. Res. Bd. Can. Canada, 23(2): 163-179.

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1990. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, D.C., 1193p.

Arredondo, F. J. L., 1983. Especies Animales Acuáticas de Importancia Nutricional Introducidos en México. Biótica, México, 8(2): 175-199.

Austreng, E., 1977. Fett og Protein i fôr til Laksefisk. IV. Proteininnhold i torrfôr til laksunger (*Salmo salar*, L.). Meld. Nor. Landbrukshogsk. Noruega, 56(19): 10p.

———, 1978a. Fett og Protein i fôr til Laksefisk. V. Protein innhold i torrfôr til regnbue aure (*Salmo gairdneri*, Richardson). Meld. Nor. Landbrukshogsk. Noruega, 57(22): 12p.

Austreng, E. y T. Refstie., 1979. Effect of Varying Dietary Protein Level in Different Families of Rainbow Trout. Aquaculture, Netherlands, 18: 145-156.

Bagenal, T. B. y F. W. Tesh, 1978. Age and Growth. IBP. Methods for Assessment of Fish Production in Freshwater. Blackwell Scientific Publication, 3: 101-136.

Bergot, F., 1979. Carbohydrate in Rainbow Trout Diets: Effects of the Level and Source of Carbohydrate and the Number of Meal on Growth and Body Bormposition. Aquaculture, Netherlands, 18: 157-167.

Bernard, D. y C. Holmstrom, 1978. Growth and Food Habits of Strains of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*, Richardson) in Winterkill Lakes of Western Manitoba. Fisheries and Marine Service. Manuscript Report, Canada, 1477: 25p.

Blaxter, K. L., 1972. Fasting Metabolism and the Energy Required by Animals for Maintenance. In: Festskift Til KnutBreirem. Oslo, 20 April 1972, 19-36.

Brett, J. R. 1956. Some Principles in Thermal Requeriments of Fishes. Quaterly Rev. Biol., 31(2): 75-87.

Brett, J. R. et al., 1969. Growth Rate and Body Composition of Fingerling Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka*, in Relation to Temperature and Ration Size. J. Fish. Res. Bd. Can., Canada, 26: 2363-2394.

Brett, J. R., 1971. Station Time, Apetite and Maximun Food Intake of Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*). J. Fish. Res. Bd. Can., Canada, 28: 409-415.

Brett, J. R. y T. D. D. Groves, 1979. Physiological Energetics. In: W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett (Editors), Fish Physiology. Bioenergetics and Growth. Academic Press, New York, NY., 3: 279-352.

Brett, J. R., 1979. Environmental Factors and Growth. In: W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett (Editors), Fish Physiology. Bioenergetics and Growt. Academic Press, New York, NY., 8: 599-675.

Bromley, P. J., 1980b. The Effect of Dietary Protein, Lipid and Energy Content on the Growth of Turbot (*Scophthalmus maximus*). Aquaculture, Netherlands, 19: 359-369.

Bromley, P. J., 1981. The Effects of the Major Food Categories on Growth, Composition and Food Conversion in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*, Richardson). Aquaculture, Netherlands, 23: 325-336.

Brown, S. B. et al., 1978. Physical Injury Due to Injection or Blood Removal Causes Transitory Elevation of Plasma Thyroxine in Rainbow Trout, *Salmo gairdneri*. Can. Journal. Zool., Canada, 56: 1998-2003.

-----, 1984. Interrenal, Thyroidal and Carbohydrate Responses of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) to Environmental Acidification. Can. J. Fish. Aquatic. Sci., Canada, 41: 36-45.

Brown, C. L. y H. A. Bern, 1989. Thyroid Hormones in Early Development, with Special Reference to Teleost Fishes. In: M. P. Shreibman and C. G. Scanes (Editors), Development, Maturation and Senescence of Neuroendocrine Systems: A Comparative Approach. Academic Press, New York, NY., 289-306.

Bulher, D. R. y J. E. Halver, 1961. Nutrition of Salmonid Fishes. IX-carbohydrate Requirements of Chinook Salmon. J. Nutr., 71: 307-318.

Buterbaugh, G. y H. Willoughby, 1967. A Feeding Guide for Brook Brown, and Rainbow Trout. Prog. Fish. Cult., 29(4): 210p.

Cho, C. Y. et al., 1976. Influence of Level and Type of Dietary Protein of Level of Feeding on Feed Utilization by Rainbow Trout. J. Nutr., 106: 1547-1556.

Combs, B. A. et al., 1962. Protein and Calorie Levels of Meat-meal, Vitamin-supplemented Salmon Diets. Fish Wildt. Serv. Epec. Sci. Rep. Fish., U. S., 432: 7p.

Cowey, C. B. y J. R. Sargent, 1979. Nutrition, In: W. S. Randall and J. R. Brett (editors). Fish Physiology. Bionenergetics and growth. Academic Press, New York, NY., 8:58-69.

Dabrowska, H. y T. Wojno, 1977. Studies on the Utilization by Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*, Richardson) of Feed Mixture Containing Soya Bean Meal and on Addition of Amino Acids. Aquaculture, Neatherlands, 10: 297-310.

Delong, D. C. et al., 1958. Nutrition of Salmonid Fishes. VI. Protein Requirements of Chinook Salmon at to Water Temperatures. J. Nutr., 65: 589-599.

Eales, J. G., 1979. Thyroid Functions in Cyclostomes and Fishes. In: E. J. W. Barrington (ed.) Hormones and Evolution. Academic Press Inc., New York, NY., 1: 341-436.

Fowler, L. G. et al., 1964. Further Studies of Protein and Calorie Levels of Meat-meal, Vitamin-supplemented Salmon Diets. Fish Wildl. Sev. Epec. Rep. Fish., U. S., 480: 13p.

Furukawa, A., 1976. Diet in Yellow Tail Culture. In: K. S. Price, Jr., W. N. Shaw, and K. S. Danberg, eds. Proceedings of the Firts International Conference on Aquaculture Nutrition. Coll. Mar. Stud., Univ. Del., Newark, 85-104.

García-Marin, E., 1979. Descripción Física y Económica de la Granja de Trucha de Malinalco, México. 1<sup>er</sup> Simposio Internacional. Educación y Organización Pesqueras, México, 3: 0-9.

García, M. E. y R. E. Martínez, 1979. Criterio de Bioingeniería para el Cultivo de la Trucha Arco-iris. SEPESCA, México, 66p.

Grayton, B. D. y F. W. H. Beamish, 1977. Effects of Feeding Frequency on Food Intake, Growth and Body Composition of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) Aquaculture, Neatherlands, 11: 159-172.

Grodzinski, W. R. Z.; Klekowski y A. Duncan, 1975. Methods for Ecological Bioenergetics. IBP. 24: 367p.

Gulbrandsen, K. E. y F. Utne. 1977. The Protein Requirement on Energy for Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). Fiskeridir. Skr. Ser. Ermaering, 1: 75-85.

Gulland, J. A., 1969. Manual of Methods for Fish Stocks Assessment. I. Fish Population Analysis. FAO. Manuals in Fish. Sc., 14: 154p.

Halver, J. E., 1972. Fish Nutrition. Academic Press. New York, NY., 713p.

Halver, J. E. et al., 1973. Nutrient Requirements of Trout, Salmon and Catfish. National Academy of Sciences. Washinton, D. C. 11: 57p.

Halver, J.E., 1976. Nutritional Research with Salmonids. In: K. S. Price, Jr. W. N. Shaw, and K. S. Danberg, eds. Proceedings of the Firts International Conference on Aquaculture Nutrition. Coll. Mar. Stud., Univ. Del., Newark, 25-37.

Hargens, A. R. et al., 1974. High Capillary Permeability in Fishes. Comp. Biochem. Physiol., 48A: 675-680.

Haskel, D. C., 1959. Trout Growth in Hatcheries, New York Fish and Game Journal, U. S., 6(2): 204-237.

Hastings, W. H., 1967. Progress in Sport Fisheries Research, 1966: Feed Formulation, Physical Quality of Pelleted Feed: Digestibility. Fish. Wildt. Serv. Res. Publ., U. S., 39: 137-141.

———.1969. Nutritional Score. In: O. W. Neuhaus and J. C. Halver, eds. Fish. in Research. Academic Press, New york, NY., 263-292.

Hastings, W. H. y L. M. Dickie, 1972. Feed Formulation and Evaluation. In: J. E. Halver, ed. Fish Nutrition. Academic Press, New York, NY., 327-370.

Hastings, W. H., 1976. Fish Nutrition and Fish Feed Manufacture. Conferencia Tecnica de la FAO sobre Acuicultura. Kyoto. Jap. 26 de mayo al 2 de junio.

Hickling, C. F., 1960. Observations on the Growth-rate of Chinese Grass Carp, *Ctenopharyngodon idellus*, C. ef V. Malay. Agricul. Jour., 43(1): 49-53.

Higgs, D. A. et al., 1982. Application of Thyroid and Steroid Hormones as Anabolic Agents in Fish Culture. Comp. Bioche. Physiol., 73B: 143-176.

Hilton, J. W. et al., 1977. Factor Affecting the Stability of Supplemental Ascorbic Acid In Practical Diets. J. Fish. Res. Bd. Can., Canada, 34(5): 683-687.

Hilton, J. W.; C. Y. Cho y S. J. Slinger, 1980. Effect of Extrusion processing and Steam Pelleting Diets on Pellet Durability, Pellet Water Absorption, and the Physiological Response of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri* R.) Department of Nutrition, University of Guelph, Guelph, Ont. N1G 2W1 (Canada) Aquaculture, Netherlands, 25(1981): 185-194.

Hilton, J. W. 1981., Effect of Extrusion Processing and Steam Pelleting Diets on Pellet Durability, Pellet Water Absorption, and the Physiological Response of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*, R.) Aquaculture, Netherlands, 25(2, 3): 185-194.

Holeton, G. F. y D. J. Randall, 1967. Changes in Blood Pressure in the Rainbow Trout During Hypoxia. J. Exp. Biol., 46: 297-305.

Huisman, E. A., 1976. Food Conversion Efficiencies at Maintenance and Production Levels for Carp, *Cyprinus carpio* L., and Rainbow Trout, *Salmo gairdneri* Richardson. Aquaculture, Neatherlands, 9: 259-276.

Inaba, D. et al., 1963. Digestibility of Dietary Components in Fishes I. Digestibility of Dietary Protein and Starch in Rainbow Trout. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., Japón, 29: 242-244.

Jordan, D. H. M. y R. Lloyd, 1964. The Resistance of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri* Richardson) and Roach (*Rutilus rutilus*) to Alkalinesolutions. Int. J. Air Water Pollut., 8: 405-409.

Kitamikado, M. y S. Tachino, 1960a. Studies on the Digestive Enzymes of Rainbow Trout. I. Carbohydrates. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., Japón, 26(7): 679-684.

Kitamikado, M. et al., 1964a. Digestibility of Dietary Protein in Rainbow Trout. I. Digestibility of Several Dietary Proteins. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., Japón, 30(1): 46-49.

Kitamikado, M. y S. Tachino, 1964b. Digestibility of Dietary Protein in Rainbow Trout. II. Effect of Starch and Oil Contents in Diets, and Size of Fish. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., Japón, 30(1): 50-54.

Klekowski, R. Z. y A. Duncan, 1975. Physiological Approach to Ecological Energetics. In: Methods for Ecological Bioenergetics. Grodzinski, W.; R. Z. Klekowski y A. Duncan. IBP Handbook. 24: 15-64.

Klontz, G. W. et al. , 1979. A Manual for Trout and Salmon Production. Sterling Silver Cup. Utah, U. S., 22p.

Klontz, G. W., 1989. Commercial Salmonid Production. Department of Fish and Wildlife Resources. University of Idaho, U. S., 64p.

Knoepfel, S. J. et al. , 1982. The Role of the Thyroid Gland in Osmotic and Ionic Regulation in *Fundulus heteroclitus* Acclimated to Freshwater and Seawater. Comp. Bioche. Physiol., 73A: 25-29.

Kuri-Nivón, E., 1980. Instructivo para la Determinación del Factor de Conversión de Alimento (FCA). Manuales técnicos de Acuicultura. Departamento de Pesca. México, 1(1): 30-49.

-----, 1988. Manejo de Alimentos Balanceados en Acuicultura. Criterios Técnicos y Económicos. Tesis. Fac. de Ciencias. UNAM. México, 110p.

Kwain, W., 1975. Effects of Temperature on Development and Survival of Rainbow Trout, *Salmo gairdneri*, in Acid Waters. J. Fish. Res. Board Can., Canada, 32: 493-497.

Lagler, K. F., 1956. Freshwater Fishery Biology. W. M. C. Brown Company Publisher, 421p.

Lagler, K. F. et al., 1962. Ichthyology. John Wiley and Sons, Inc, 546p.

Leatherland, J. F. y R. A. Sonstegard, 1978. Lowering of Serum Thyroxine and Triiodo Thyronine Levels in Yearling Coho Salmon, *Oncorhynchus kisutch*, by Dietary Mirex or PCB. J. Fish. Res. Board Can., Canada, 35: 1285-1289.

Leatherland, J. F., 1982. Environmental Physiology of the Teleostean Thyroid Gland. Enviro. Biol. Fishes, 7: 83-110.

Lee, D. J. y R. D. Sinnhuber, 1972. Lipid Requirements. In: J. E. Halver, ed. Fish Nutrition. Academic Press, New York, NY., 145-177.

Lee, D. J. y G. B. Putnam, 1973. The Response of Rainbow Trout to Varying Protein/energy Ratios in a Test Diet. J. Nutr., 103: 916-922.

Leitritz, E., 1959. Fish and Game State of California. El Cultivo de la Trucha y del Salmón. Traducción de Luz Lía Paz Neri. 1963. Trabajos de Divulgación, México, 8(73): 26p.

Leitritz, E. y R. C. Lewis, 1976. Trout and Salmon Culture (hatchery methods). Fish bulletin. California Department of Fish and Game, U.S., 164: 197p.

Lovell, R. T. y C. Lim, 1978. Vitamin C in pond diets for Channel Catfish. Trans. Am. Fish. Soc., 107: 321-325.

Luquet, P., 1971. Efficacite des Proteins en Relation Avec Leur Taux d'Incorporation dans l'Alimentation de la Truite Arc-en ciel. Ann. Hydrobiol., 2: 175-186.

Marais, J. F. K. y G. W. Kissil, 1979. The Influence of Energy Level on the Feed Intake, Growth Food Conversion and Body Composition of *Sparus aurata*. Aquaculture, Netherlands, 17 (1978): 203-219.

Marín, J. H. y M. A. Martínez, 1988. Crecimiento de Trucha Arcoiris (*Salmo gairdneri*, Richardson, 1830) en Estanques de Concreto del Centro Piscícola de Apulco, Pue., Manejando Seis Diferentes Densidades de Carga. Secretaría de Pesca, México.

Medina-García, M., 1976. El Factor de Condición Multiple (KM) y su Importancia en el Manejo de la Carpa de Israel (*Ciprinus carpio specularis*) I. Hembras en Estado de Madurez V. (Nikolsky, 1963). Simposio Sobre Pesquerías de Aguas Continentales, nov. 1976. Tuxtla Gtz. Chis., México, 10p.

Medina-García, M. et al., 1980. La Selección de Reproductores de Peces en Base a sus Características Morfométricas. I. Aspectos Teóricos. III Simposium Latinoamericano de Acuicultura, Agosto. Cartagena, Colombia, 22p.

Medina-García, M., 1982a. El Factor de Conversión Económico en la Evaluación de Alimentos. IV Simposium Latinoamericano de Acuicultura, Febrero. Panamá, Pan.

-----, 1982b. El Factor de Pérdida del Alimento (FP) en la Evaluación de Alimentos. IV Simposium Latinoamericano de Acuicultura, Febrero. Panamá, Pan.

-----, En Proceso. Elementos de Alimentación y Manejo de los Alimentos Balanceados en el Cultivo Intensivo de Especies Acuáticas.

Mertz, E. T., 1969. Amino Acid and Protein Requirements of Fish. In: O. W. Neuhaus and J. E. Halver (editors), Fish in Research. Academic Press, New York, NY. and London, 233-244.

Milligan, L. C. y C. M. Wood, 1982. Disturbances in Haematology, Fluid Volume Distribution and Circulatory Function Associated with Low Environmental pH in the Rainbow Trout, *Salmo gairdneri*. J. Exp. Biol., 99: 397-415.

National Academy of Science, 1973. Nutrient requeriment of Trout, Salmon, and Catfish. Nutrient Requeriment of Domestic Animals. Washington, D.C., 11: 57p.

Nicolaidis, N. y A. N. Woodall, 1966. Impaired Pigmentation in Chinook Salmon Fed Diets Deficient in Essential Fatty Acids. J. Nutr., 76: 431-437.

Nikolsky, G. V., 1963. The Ecology of Fishes. Academic Press, New York, NY., 352p.

Nose, T., 1967. Recent Advances in the Study of Fish Digestion. EIFAC (Eur. Inland Fish. Advis. Comm.). Tech. Pap., 3: 83-94.

Orbe, M. A. y H. Cepeda, 1982. Manual Técnico para el Cultivo de la Trucha Arco-iris. Secretaría de Pesca, México, 129p.

Osborn, R. H. y T. H. Simpson, 1974. The Effect of Stress and Food Deprivation on the Thyroidal Status of Plaice and of Rainbow Trout. Cons. Perm. Int. Explor. Mer CM. Gear and Behavior Committee, B9.

Paloheimo, J. E. y L. M. Dickie, 1965. Food and Growth of Fishes I. A Growth Curve Derived from Experimental Data. J. Fish. Res. Bd. Can., Canada, 22(2): 521-542.

-----, 1966a. Food and Growth of Fishes II. Effects of Food and Temperature on the Relation Between Metabolism and Body Weight. J. Fish. Res. Bd. Can., Canada, 23(6): 869-908.

-----, 1966b. Food and Growth of Fishes III. Relations Among Food, Body Size, and Growth Efficiency. J. Fish. Res. Bd. Can., Canada, 23(8): 1209-1248.

Parker, R. R. y P. A. Larkin, 1959. A Concept of Growth in Fishes. J. Fish. Res. Bd. Can., Canada, 16(5): 721-745.

Pauly, D., 1984. Fish Population Dynamics in Tropical Waters: A Manual for Use with Programmable Calculators. International Center for Living Aquatic Resurces Management. Manila, Philippines.

Pfeffer, E., 1977. Studies on the Utilization of Dietary Energy and protein by Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) Fed Either by Hand or by an Automatic Self-feeder. Aquaculture, Netherlands, 10: 97-107.

Phillips, A. M. et al., 1948. Utilization of Carbohydrates by Trout. Fish. Res. Bull. New York, NY., 11: 44p.

Phillips, A. M. Jr., 1969. Nutrition, Digestion and Energy Utilization In: W. S. Hoar and D. J. Randall, eds. Fish Physiology. Academic Press, New York, NY., 1: 391-432.

Phillips, A. M., 1972. Calorie and Energy Requeriment. En: Fish Nutrition. Halver, J. E. Academic Press, New York, NY., 1-28.

Pickering, A. D., 1981. Stress and Fish. Academic Press, New York, NY.

Pillay, T. V. R., 1983. Planificación del Desarrollo de la Acuicultura. Programa de Desarrollo y Coordinación de la Acuicultura. FAO. ADCP. Rep., 83: 20p.

Ramírez, G. R. y A. M. L. Sevilla, 1962. Instructivo para la Cría de Trucha. Sec. de Indus. y Com. Direc. Gral. de Pesca e Indus. Conexas. Inst. Nac. de Invest. Biológico-Pesqueras, México, 59p.

Reinitz, G., 1983a. Relative Effect of Age, Diet, and Feeding Rate on the Body Composition of Young Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture, Netherlands, **35**: 19-27.

-----, 1983b. Influence of Diet and Feeding Rate on the Performance and Production Costs of Rainbow Trout. Trans. Am. Fish. Soc., **112**: 830-833.

Ricker, W. E., 1948. Methods of Estimating Vital Statistics of Fish Population. Indiana Univ. Pub. Sc. Ser., U. S., **15**: 101p.

-----, 1971. Methods for Assessment of Fish Production in Freshwater. IBP. Blackwell Sci. Pub., **3**: 348p.

-----, 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Population. Dep. Envir. Fish. and Mar. Ser. Bull., **191**: 382p.

Ringrose, R. C., 1971. Calorie to Protein Ratio for Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*). J. Fish. Res. Bd. Can., Canada, **28**: 1113-1117.

Robinette, H. R., 1977. Feed Manufacture. In: R. R. Stickney and R. T. Lovell (Ed.), Nutrition and Feeding of Channel Catfish. South. Coop. Ser. Bull., **36**: 84-96.

Rodríguez, G. M., 1975. Efectos de Algunos Alimentos Sobre el Crecimiento de Crías y Juveniles de trucha Arco-iris. Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática, México, 92p.

Rosas-Moreno, M., 1972. Biología Acuática y Piscicultura en México. Serie de materiales Didácticos en Ciencia y Tecnología del mar, México, 379p.

Sage, M., 1973. The Evolution of Thyroidal Function in Fishes. Am. Zool., U. S., 13: 899-905.

Samame, M. y K. Okada., 1973. Determinación de la Edad, Crecimiento y Dinámica de la Población de la Cachema *Cynoscion analis*, Jenyns, de la Costa Norte del Perú. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 73: 23-66.

Satia, B. P., 1974. Quantitative Protein Requirements of Rainbow Trout. Prog. Fish. Cult., 36: 80-85.

SEPESCA, 1981. Cultivo de Trucha Arco-iris (*Salmo gairdneri*). Cuaderno de Trabajo Sobre Piscicultura. México, 9: 1-7.

-----, 1987. Guía Práctica de Nutrición y Elaboración de Dietas Balanceadas para Trucha Arco-iris. México, 48p.

-----, 1988. Manual Técnico para la Operación de Centros Acuícolas Productores de Trucha (*Salmo gairdneri*) 1ª Edición. México, 114p.

Simpson, T. H., 1976. Endocrine Aspects of Salmonid Culture. Proc. R. Soc., Edinburgh. Sect. B., 74: 241-252.

Smith, B.W. et al., 1971. Digestibility of Nutrients in Semi-purified Rations for Channel Catfish in Stainless Steel Troughs. Proc. 25 th Annu. Southeast. Assoc. Game Fish Comm., U.S., 452-459.

Smith, R. R., 1971. A Method for Measuring Digestibility and Metabolizable Energy of Fish Feeds. Proc. Fish Cult., 33(3): 132-134.

Smith, C. E., 1972. Effects of Metabolic Products on the Quality of Rainbow Trout. Amer. Fishes and U. S. Trout News., U. S., 17(3): 7.

Smith, B. W. y R. T. Lovell, 1973. Determination of Apparent Protein Digestibility in Feeds for Channel Catfish. Trans. Am. Fish Soc., 102(4): 831-835.

Smith, et al., 1974. Experimental Nitrite Toxicity in Rainbow Trout and Chinook Salmon. Trans. Am. Fish. Soc., 103: 389-390.

Smith, C. E., 1976. Metabolizable Energy of Feedstuffs for Trout Feedstuff, 48(23): 16-17

Smith, G. R. y R. F. Stearley, 1989. The Classification and Scientific Names of Rainbow and Culthroat Trout. Fisheries, U.S., 14(1): 4-10.

Soivio, A.; K. Westman y K. Nyholm, 1974b. Changes in Haematocrit Values in Blood Samples Treated with and without Oxygen: A. Comparative Study with Four Salmonid Species. J. Fish. Biol., 6: 263-269.

Spry, et al., 1981. The Effects of Environmental Acid on Freshwater Fish with Particular Reference to the Softwater Lakes in Ontario and the Modifying Effects of Heavy Metal. A Literature Review. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., Canada, 999: 144p.

Steel, J. H., 1977. Fisheries Mathematics. Academic Press, New York, NY., 198p.

Steffens, W., 1981. Protein Utilization by Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) and Carpa (*Cyprinus carpio*): A Brief Review. Aquaculture, Netherlands, 23: 337-345.

Stevens, E. D. y D. J. Randall, 1967. Changes in Blood Pressure, Heart Rate and Breathing Rate During Moderate Swimming Activity in Rainbow Trout. J. Exp. Biol., 46: 307-315.

Stickney, R. R., 1979. Feeds, Nutrition and Growth. In: Principles of Warmwater Aquaculture. John Wiley, Toronto, Ont., 198-202.

Storebakken, T. y E. Austreng, 1987. Ration Level for Salmonids II. Growth, Feed Intake, Protein Digestibility, Body Composition and Feed Conversion in Rainbow Trout Weighing 0.5 - 1.0 Kg. Aquaculture, Netherlands, 60: 207-221.

Tacon, A. G. J., 1985. Morphological Signs of Nutrient Deficiency and Toxicity in Farmed Fish. Nutritional Fish Pathology. Aquaculture Development and Coordination Programme Rome.

Takeuchi, T.; T. Watanabe y E. Ogino, 1978. Optimum Ratio of Protein to Lipid in Diet of Rainbow Trout. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., Japon, 44: 685-688.

- Thompson, D. W., 1942. On Growth and Form. Cambridge. Univ. Press, 245p.
- Vahl, O., 1979. An Hypotesis on the Control of Food Intake in Fish. Aquaculture, Netherlands, 17: 221-229.
- Velázquez, E. M. A. y H. M. R. Espinoza, 1989. Diagnosis del Estado Actual del Cultivo de la Trucha Arco-iris en México. 1ª Edición. SEPESCA, México, 73p.
- Vergara, C. V. y M. C. De la Garza, 1988. La Nutrición en la Producción Acuicola. Acuavisión. Año III, México, 14: 29-31.
- Villalobos, Z. G., 1983. Sinopsis Sobre la Biología y Cultivo de la Trucha Arco-iris *Salmo gairdneri* (Richardson, 1836). Tesis de Biología. Facultad de Ciencias. UNAM, México, 479p.
- Watanabe, T. et al., 1979. Studies on the Sparing Effect of Lipids on Dietary Protein in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). In: J. E. Halver and K. Tiews (editors). Finfish Nutrition and Fishfeed Technology. Heeneman, Berlin, 1: 113-125.
- Weatherley, A. H., 1972. Growth and Ecology of Fish Population. Academic Press, New York, NY., 293p.
- , 1976. Factors Affecting Maximization of Fish Growth. J. Fish. Res. Bd. Can., Canada, 33: 1046-1058.
- Wedemeyer, G. y Wood, 1974. Stress as a Predisposing Factor in Fish Disease. F. D. L. US Fish Wild Life Service, U.S., 38p.
- Wheaton, F. W., 1977. Aquacultural Engineering. Wiley-Interscience Pub. Jonh Wiley & Sons, 708p.
- Willoughby, H., 1968. A Method for Calculating Carring Capacities of Hatchery Troughs and Ponds. Prog. Fish. Cult., 30(3): 173-174.
- Windell, et al, 1978. Effect of Fish Size, Temperature and Amount Feed on Nutrient Digestibility of a Pellet Diet by Rainbow Trout *Salmo gairdneri*. Am. Fish. Soc., 107(4): 613-616.

Witschi, W. A. y C. D. Ziebell, 1979. Evaluation of pH Shock on Hatchery-reared Rainbow Trout. Arizona Cooperative Fish. Res. Unit. Arizona, Tucson Arizona, 41(1).

Wurtsbaugh, W. A. y G. E. Davis, 1977. Effects of Fish Size and Ration Level on Growth and Food Conversion Efficiency of Rainbow Trout, *Salmo gairdneri* Richardson. J. Fish. Biol., 11(2): 99-104.

Zeitoun, I. H. et al., 1976. Quantifying Nutrient Requirements of Fish. J. Fish. Res. Bd. Can., Canada, 33: 167-172.