



86  
24  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ciencias

Estudios sobre el crecimiento en crías  
de Trucha Arco Iris  
*Salmo gairdneri* Richardson)  
(Pisces: Salmonidae  
en relación a diversas dietas

T E S I S

Que para obtener el título de

B I O L O G O

P r e s e n t a :

*Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita*

1990

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.

## INDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>	<b>1.</b>
<b>1.- INTRODUCCION</b>	<b>3.</b>
<b>2.- ANTECEDENTES</b>	<b>5.</b>
<b>3.- AREA DE ESTUDIO</b>	<b>12.</b>
<b>4.- METODOLOGIA</b>	<b>18.</b>
<b>5.- RESULTADOS</b>	<b>27.</b>
5.1.- CALIDAD DEL AGUA	27.
5.2.- CRECIMIENTO	27.
5.3.- INDICES MORFOMETRICOS Y COMPOSICION DEL TEJIDO	27.
5.4.- FACTOR DE CONDICION, SOBREVIVENCIA Y PRODUCCION	31.
5.5.- TASA METABOLICA DE RUTINA	35.
5.6.- EXCRECION NITROGENICA	42.
5.7.- SINTESIS DE LOS INDICES FISIOLÓGICOS	52.
5.8.- EFICIENCIAS EN LA ASIMILACION	52.
5.9.- ECUACION DEL BALANCE DE ENERGIA	55.
<b>6.- DISCUSION</b>	<b>59.</b>
6.1.- CALIDAD DEL AGUA	59.
6.2.- CRECIMIENTO	60.
6.3.- INDICES MORFOMETRICOS Y COMPOSICION DEL TEJIDO	62.
6.4.- FACTOR DE CONDICION, SOBREVIVENCIA Y PRODUCCION	64.
6.5.- TASA METABOLICA DE RUTINA	65.
6.6.- EXCRECION NITROGENICA	69.
6.7.- SINTESIS DE LOS INDICES FISIOLÓGICOS	72.
6.8.- EFICIENCIAS EN LA ASIMILACION	73.
6.9.- ECUACION DEL BALANCE ENERGETICO	75.
<b>7.- CONCLUSIONES</b>	<b>78.</b>
<b>8.- RECOMENDACIONES</b>	<b>80.</b>
<b>9.- LITERATURA CITADA</b>	<b>82.</b>

## R E S U M E N

El propósito de esta tesis fue evaluar el crecimiento de la trucha arco iris (Salmo gairdneri), en relación a diversas dietas, y como resultado elegir la mas adecuada, así como su estrategia alimenticia.

Para lograr lo anterior, se tomaron como parámetros base, los datos merísticos (longitud total y peso), los índices fisiológicos (respiración y excreción de nitrógeno), la sobrevivencia, la producción y los costos de alimentación.

Se consideraron tres dietas, dadas las facilidades del Centro Acuicola para conseguir el alimento; dichas dietas fueron: Dieta 1: alimento balanceado comercial marca Gigante; Dieta 2: alimento comercial intercalado cada tercer día con alimento natural Daphnia spp. suministrado en fresco; Dieta 3: alimento natural Daphnia spp. suministrado en fresco.

La ración de alimentación en todos los casos fue "ad libitum".

Los parámetros morfométricos y de sobrevivencia se cuantificaron cada 15 días, de igual forma se monitorearon los componentes físico-químicos del agua mas importantes para acuicultura, encontrándose los siguientes valores: Temperatura: 12°C; Oxígeno disuelto: 7 ppm.; pH: 6.5; Alcalinidad y Dureza: 34 ppm. y CO<sub>2</sub>: 0.7 ppm.; mientras que los índices fisiológicos se midieron al término del experimento, así como el contenido químico proximal del tejido de los peces y de la composición de las dietas.

El tipo de crecimiento que se encontró para las crías alimentadas con las tres dietas, fue del tipo isométrico. La sobrevivencia máxima se localizó en las crías a las que se les proporcionó dieta natural (78%), aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas con respecto a la sobrevivencia de las crías alimentadas con la dieta mezclada.

El factor de condición mas adecuado para las crías en este estudio se encontró en la dieta mezclada: 1.5, 1.4 y 1.0 para las dietas balanceada, mezclada y natural respectivamente. La producción total con la dieta balanceada fue de 594.7g., para la dieta mezclada de 952.8g. y para la dieta natural de 518.3 g.

En lo referente a los índices fisiológicos, se cuantificaron en dos condiciones: ayunas y alimentadas.

No hubo diferencias estadísticamente significativas del consumo de oxígeno entre las dos condiciones, ni entre las dietas ensayadas.; siendo los valores para un ejemplar de peso clase ( 5 g. peso húmedo ): 30 cal/día, 30 cal/día y 32 cal/día para las dietas uno, dos y tres respectivamente.

Los valores de la excreción nitrogenada fueron similares en todas las dietas de la condición alimentadas, y en las dietas dos y tres de la condición ayunas; los valores promedios para las dos condiciones para un pez de peso clase fueron: 0.54 cal/día, 0.65 cal/día y 0.68 cal/día para las dietas balanceada, mezclada y natural respectivamente.

Con la dieta mezclada se obtuvieron los valores mas altos para la eficiencia bruta: Dieta 1: 12.6; Dieta 2: 15.5 y Dieta 3: 12.8; por los otros métodos para obtener eficiencias de asimilación, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Por último, se integraron los valores de los diferentes parametros, éstos se transformaron a calorías para un organismo de peso promedio general, y se obtuvieron las ecuaciones del balance de energía para los organismos alimentados con cada dieta.

La mayor pérdida de energía se obtuvo a través de la producción de heces: mas del 60% en todas las dietas; la energía utilizada para el crecimiento fue: 4604 cal. (28%), 4436 cal. (36%) y 3933 cal. (33%) para las dietas balanceada, mezclada y natural respectivamente.

Los costos de alimentación se redujeron en un 50 % utilizando alimento mezclado en una proporción de 1:1.

Para el manejo de crías de trucha arco iris en la piscifactoría el Zarco, se recomienda utilizar una mezcla de alimento balanceado comercial con alimento natural fresco Daphnia spp. ( pulga de agua ).

## 1.- INTRODUCCION :

La Trucha arco iris Salmo gairdneri, es la especie de aguas frías mas cultivada en todo el mundo, debido a su alto valor nutritivo, al dominio de su biotecnía, a la rentabilidad de su cultivo y a su importancia en la pesca deportiva ( Aguilera y Noriega, 1985 ).

Por tal motivo en México, se le está dando un impulso notable a la truticultura, ya que el manejo de este salmónido en cautiverio es relativamente fácil y adaptable a las condiciones imperantes en nuestro país. De esta forma, la zona potencialmente propicia para su cultivo es la parte alta de los macizos montañosos del Norte y Centro de la República, en lugares donde predominan las coníferas y los encinos, así como también los ríos y arroyos alimentados por aguas de deshielos y manantiales fríos de corrientes rápidas con aguas cristalinas y bien oxigenadas ( Ramírez, 1962 ).

La distribución natural de la trucha según Noedham y Gad citados por Ramírez (1962), se ubica desde el Mar de Behring hasta México; en nuestro país se la encuentra en los Estados de Durango, Sinaloa y Chihuahua, en los ríos Santo Domingo, Casas Grandes, Gavilán, Cañón Negro, Verde, Sinaloa, Culiacán, Truchas, Tabacatiado y Hondo. Sin embargo, esta distribución ha sido ampliada considerablemente por numerosas repoblaciones en Chiapas, Hidalgo, Jalisco, Veracruz, Tamaulipas, Nuevo León, Puebla, Michoacán, Durango, Quintana Roo, Tlaxcala, Guerrero y Estado de México ( Ramírez, 1962 ).

La trucha es un Salmónido que se cultiva en canales de agua de flujo rápido, lo que hace difícil el aprovechamiento del Alimento Natural por la pérdida de éste debido a la corriente de agua, si a lo anterior se le suma su costo excesivo, se hace necesario recurrir al Alimento Balanceado Comercial ( Vergara, 1987 ). El desarrollo de las fórmulas balanceadas presupone que deben reunir los requisitos nutricionales básicos para el buen desarrollo de las crías de trucha arco iris, sin embargo, resulta indispensable un complemento alimenticio de origen natural, el cual pueda incrementar las expectativas de vida, acelerar el crecimiento y hacer mas eficiente el proceso de conversión del alimento por unidad de peso de las crías, ya que contiene elementos indispensables para su desarrollo, de los cuales es deficiente o carece totalmente el Alimento Comercial ( Rodríguez, 1975 ).

Como este pez posee el aparato digestivo típico de los carnívoros; con un estómago corto y bien diferenciado, cuando son crías se alimentan de Zooplancton, al ser juveniles y adultos de pequeños crustáceos, larvas de insectos, insectos, pequeños peces, renacuajos, ranas e inclusive plantas acuáticas y algas ( Ramírez, 1962; Greenberg, 1970 ).

En algunos lugares del país, se tiene la facilidad de producir alimento natural para trucha; dicho alimento es la pulga de agua (Daphnia spp. ), el cual ofrece las siguientes ventajas:

- a) Proporciona un alto porcentaje de proteínas de alta calidad con los aminoácidos esenciales.
- b) Es el alimento natural de las crías de trucha arco iris y posee la talla (mayor de 1.3mm) y el color (café-rojizo) que busca el pez; cuando las pulgas de agua presentan otra coloración, denota que tienen alguna deficiencia nutricional, y si tienen menor talla, no son consumidas por las crías.

Además de las características anteriores, en el Zarco se tienen las siguientes ventajas adicionales:

- c) No se necesita contar con proveedor externo.
- d) No requiere almacenamiento.
- e) Como se tiene controlado y se conoce la fuente de abastecimiento, su disponibilidad es ilimitada durante todo el año y es fácil detectar parásitos perjudiciales al pez.
- f) No precisa presupuesto adicional.

El hombre de todas las regiones y todos los tiempos, está íntimamente vinculado con los alimentos, por tanto, su producción, elaboración e importación, son la actividad económica más importante de la humanidad, la cual sobrepasa los 400 mil millones de dólares al año y constituye el soporte básico de los países desarrollados y el problema más agudo a solucionar por las naciones pobres o en vías de desarrollo. Pese a lo anterior, se considera que uno de los principales problemas de la humanidad hoy en día, es la deficiencia alimenticia, ya que alrededor de la mitad de la población mundial está insuficiente o inadecuadamente alimentada, no sólo en cuanto a energía requerida, sino también en cuanto a elementos nutritivos como Proteínas, Vitaminas y Minerales ( FAO, 1980, citado en Anónimo, 1980).

Sin embargo, este problema puede en gran medida solventarse mediante un adecuado manejo de las aguas interiores, no sólo para la agricultura o abrevadero, sino también para una explotación piscícola controlada, que ofrece la ventaja de poner al alcance de las poblaciones rurales el pescado que difícilmente podrían obtener de la costa ( Rodríguez, 1975 ).

Mediante técnicas sencillas se pueden optimar las biotecnias acuiculturales, haciéndolas más accesibles a la

gente del campo. En el terreno de la nutrición piscícola, se puede pensar en utilizar fuentes de alimentación no convencionales para los peces; tales como ensilados, fertilizantes y el uso de alimento natural suministrado en fresco. De esta forma, los piscicultores tendrán cosechas en menores tiempos y podrán abatir considerablemente las mortalidades de sus cultivos.

El objetivo general de este estudio es comparar el crecimiento de la trucha arco iris (*Salmo gairdneri*) en un cultivo intensivo, en relación a tres dietas diferentes.

Como objetivos particulares, se plantearon los siguientes:

1- Realizar una estimación preliminar del balance energético en los especímenes, al emplear diversos alimentos para evaluar su crecimiento.

2- Cuantificar las eficiencias de asimilación y conversión del alimento, así como establecer la productividad de cada dieta para elegir la mas adecuada.

3- Proponer una dieta y la estrategia alimenticia que contribuya a satisfacer las necesidades del "El Zarco".

4- Comparar las tasas de crecimiento y mortalidad de las crías durante los meses necesarios para alcanzar el estadio de juveniles (3 a 10 cm).

## 2.0.- ANTECEDENTES :

Se conoce como ACUICULTURA al manejo y control de los recursos vivos que habitan en el agua, así como su cultivo bajo condiciones controladas hasta su cosecha, procesamiento, comercialización y consumo (Aguilera y Noriega, 1985).

Los registros mas antiguos sobre esta biotecnica datan del Siglo XI A.C., donde se senala que los Chinos ponfan bastidores de madera a manera de nidos para colectar huevos de peces y posteriormente engordarlos para su venta (Angeles, 1986).

La Pesca en México se remonta, como en todos los lugares del mundo, a los primeros habitantes del país como medio de sustento, junto con la caza, según se asienta en los diversos códigos conocidos. Esta actividad ejercía una influencia decisiva en todos los órdenes de las comunidades y de los individuos, pues no sólo era proveedora de medios de alimentación, sino que también impulsaba las vías de comunicación, la actividad artesanal y artística, forzando incluso a la imaginación para perfeccionar medios y sistemas y obtener así mayores rendimientos. Así fue como se fundó uno de los imperios mas grandes y poderosos conocidos



mundialmente: el "Mexico"; este pueblo sustentó su poderío en la actividad pesquera. Coincide que al único imperio que no pudo someter fue "Michoacán" que quiere decir: lugar en que abunda el pescado y los pescadores ( Alcazar, 1980 ).

No obstante lo anterior, se considera que el registro mas antiguo de Acuicultura en México, se tiene cuando el pueblo Zapoteco trasladó a la cima de la montaña Guiengola un número considerable de peces, los cuales sirvieron de alimento a los soldados que estaban sitiados por los ejércitos de Moctezuma II, se cree que de no haber conocido la piscicultura hubiesen muerto los guerreros ( Anónimo, 1985 ). Por otro lado, ya en el siglo XVIII, José Antonio Alzáte escribe: " Aprovechense estos vasos - las Lagunas de Chalco y Texcoco - y México no lamentará la escasez de pescado " ( Anónimo, 1985 ).

La Trucha arco iris es una de las primeras especies cultivadas en nuestro país; Obregón (1961) cita que en 1839 el Vivero Nacional de Chimaleapán, México, contaba con truchas; para 1883, se comisionó a La Motte por parte de la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio para la creación de un Vivero Nacional con 500,000 huevos de trucha de importación ( Anónimo, 1988 ). Chazari recomendó en 1884 la trucha de California proveniente del río McCloud para su cultivo en México, dicho cultivo se realizó en 1888; en 1937, empezó a operar la Estación Piscícola de Almoleya del Río, México, con huevos provenientes de Estados Unidos; en 1943 se inauguró el "Centro Piscícola El Zarco", México; en 1979, el Centro de Matzinga, Ver.; finalmente, en 1983 se fundó el Centro Acuicola de Apulco. Pue. ( Anónimo, 1988 ).

La evaluación de los principales nutrientes para los Salmónidos ha creado desde el principio de esta biotecnía, problemas diferentes al de otros cultivos de animales; estos problemas se refieren a la habilidad o incapacidad del medio para dotar al pez de todos los nutrientes esenciales. Asimismo, Halver et al (1972), mencionan que Harrick en 1948 hizo una exhaustiva revisión del tema donde sobresale el trabajo que en 1928 realizaron Ticomb et al, quienes utilizaron como alimento para trucha una mezcla de carne de pescado, aceites vegetales e hígado seco. Otros investigadores mencionados por el mismo autor, fueron Davis y Lord (1910), los cuales usaron diversas dietas para alimentar crías de trucha arco iris: con hígado de res se obtuvo el mejor crecimiento de todas las que ensayaron, ya que con corazón de res disminuyó el crecimiento y la mortalidad, por tanto, mencionan que una mezcla de 50% de corazón y 50% de hígado dará el mayor crecimiento e incrementará la sobrevivencia.

Rodríguez (1975), señala que Agesberg en 1934, utilizó 48% de una mezcla de diversos peces, 28% de hígado de oveja y 24% de huevo de salmón, obtuvo bajos crecimientos y muchos

problemas para lograr el abastecimiento de todos los componentes a lo largo del ciclo productivo de engorda de la trucha.

Para 1941, Moore plantea que en los lagos si hay suficiente alimento para las crías de salmonídeos, consistente principalmente en Zooplancton, y que este alimento se debe administrar también a peces en cautiverio, alimentándolos dos o tres veces al día y por periodos regulares; de esta forma se rompió la creencia de que los cuerpos de agua naturales no podían sustentar cultivos extensivos de truchas.

McLaren et al (1946), mencionan que como alimento natural de la trucha están: copépodos, malacostráceos, cladóceros, anfípodos, larvas de insectos, insectos, crustáceos, etc... (in : Rodríguez, 1975 ).

En la Estación Piscícola "El Zarco", Calvo (1959) preparó tres dietas para truchas, las cuales contenían de 44 a 59% de proteína animal consistente en carne y pluma de aves, la cual causaba elevada mortalidad y fue sustituida por harina de sangre; como carbohidratos suministró harina de avena y de trigo; las vitaminas y minerales fueron añadidos como harina de alfalfa, soya y sal común; las grasas se administraron como pasta de semilla de ajonjolí. Las dietas se proporcionaron dos veces al día con una ración del 5% del peso corporal del pez, esta ración se dividió entre las dos comidas.

Posteriormente, investigadores como Phillips, Donald, Livingston y Dumas (1960), afirmaron que la composición química proximal del cuerpo es equivalente a la del alimento utilizado y por consiguiente, es una medición importante en los estudios de nutrición.

Según Paz (1963), la dieta para trucha debe contener del 5 al 8% de grasa, Calcio, Fierro, Fósforo, pocas Vitaminas, 28% de Proteína y 9 al 12% de Carbohidratos; además aclara este autor que dietas con 50% de Proteína pueden dar mejor resultado.

Paloheimo y Dickie (1965; 1966 a,b), describen una ecuación para aplicarse al crecimiento de los peces, obtenida de las relaciones entre el peso corporal, tasa metabólica y eficiencia de asimilación, refieren los autores que esta curva muestra un punto de inflexión en sus primeras fases, el cual decrece en forma gradual sin alcanzar una asíntota teórica; cuando la eficiencia es cercana al óptimo el crecimiento es potencial. En otro estudio describen los efectos de la temperatura y la alimentación en relación al peso corporal, sus resultados permiten señalar que el metabolismo aerobio depende de la temperatura, y en general, todo el balance energético del pez. Por último, relacionaron estos hallazgos para desarrollar una ecuación

que refleja de diferentes formas los factores ambientales que influyen en la eficiencia del crecimiento.

Windell, Norris, Kitchell y Norris (1960), elaboraron una dieta en forma de "Píldora" (pellet) para Salmo gairdneri, junto con la cual evaluaron la tasa de evacuación gástrica de los peces y de esta forma identificaron cuáles son los componentes más adecuados para el "paletizado", tomaron como base de su experimento que la demanda fisiológica del aparato digestivo es diferente para Alimento Natural Fresco y una Píldora seca.

Por otra parte, Groves (1970), estudió los cambios de la composición corporal durante el crecimiento de juveniles de Oncorhynchus nerka en agua dulce, mientras que Brett (1960) cuantificó su crecimiento, la tasa máxima de ingestión del alimento y el tiempo de saciado.

Durante la década de los 70's, se hicieron numerosos estudios sobre alimentación piscícola en general, de los cuales destacan los de Pandian y Raghuraman (1972) con Tilapias Tilapia mossambica, quienes midieron el efecto de la tasa de alimentación sobre la eficiencia de conversión y la composición química del pez; el alimento usado fue la lombriz de tierra Tubifex tubifex.

Rodríguez (1975), trabajó con trucha arco iris en el Centro Piscícola El Zarco, para el cual empleó Alimento Natural Seco como: Daphnia, Gammarus, pupa de mosca Ephydra, copépodos, hemípteros, dípteros y un alimento balanceado.

Para 1977, Steffen redujo el nivel proteico de la dieta para trucha al incrementar los niveles de lípidos; Beamish y Grayton en ese mismo año, midieron el efecto de la frecuencia de la alimentación de la trucha arco iris; por su parte, Dabrowski (1977) y Dabrowski y Kozak (1979) publicaron una serie de trabajos nutricionales en carpa herbívora; Jauncey (1982), varió el nivel de las proteínas en la dieta para tilapias; Hepher repitió el experimento de Jauncey en 1983; mientras que Zeitter et al (1984) modificaron los niveles de proteínas en el alimento para carpa común Cyprinus carpio.

Los principales trabajos realizados en nutrición con un enfoque fisiológico, tomaron como índice básico la Excreción de Nitrógeno, el Consumo de Oxígeno y la Asimilación del Alimento; dentro del primer grupo, se pueden citar los estudios de Otto (1905) como pioneros en el metabolismo de las proteínas.

Gerking (1955 a,b), es el autor de los trabajos más clásicos en la excreción endógena de nitrógeno, a la vez que la define como: la excreción de nitrógeno equivalente a la mínima cantidad de proteína requerida, para que el pez pueda mantener su equilibrio de Nitrógeno. En estos estudios, menciona los efectos de la tasa de alimentación sobre la

composición corporal, el metabolismo de las proteínas y la excreción endógena de nitrógeno en el pez dorado de branquias azules Lepomis macrochirus.

Savitz (1969, 1971), relaciona el efecto de la temperatura y el consumo de proteínas con la excreción de nitrógeno en L. macrochirus.

Elliot (1976), efectuó una extensa recopilación de datos, a la vez que analizó las pérdidas de Energía en los productos de desecho (heces y excreción de nitrógeno) de la trucha café (Salmo trutta), alimentadas con dietas naturales, balanceadas y mantenidas en ayunas.

Richly y Marina (1977), midieron la excreción de amonio (principal producto de desecho) de la trucha arco iris durante un ciclo de 24 hrs., notaron un posible ritmo circadiano de la actividad metabólica.

Se puede considerar a Beamish (1964 a, b) como uno de los investigadores, que mas han trabajado con peces en relación a la alimentación y a la tasa de consumo de oxígeno de rutina, así como de la Acción Dinámica Específica Aparente (1974).

Pandian (1967 a,b,c), publicó una serie de estudios relacionados con la digestión, absorción y conversión de alimento en peces curialinos (Megalops y Ophiocephalus).

Job (1969), estudió el metabolismo respiratorio de la tilapia, para lo cual tomó en cuenta la talla, temperatura, salinidad y presión parcial de oxígeno en la atmósfera.

Edwards, Finlayson y Steele (1972), mencionaron que el peso del hígado se puede tomar como factor de condición para calcular el valor del alimento ingerido, asimismo, le midieron al bacalao su tasa metabólica y consumo de oxígeno en su medio natural, con miras a su cultivo intensivo.

"El factor de condición múltiple y su importancia en el manejo de poblaciones de carpa de Israel", fue el título que Medina (1976), empleó para sus estudios de crecimiento en carpas, para lo cual, midió la longitud total, la altura y el peso en poblaciones naturales con lo cual obtuvo una ecuación que proporciona el grado de robustez o gordura en un pez dado.

Webb (1978), hace una revisión de los diagramas de flujo de la Energía; parte de la ecuación desarrollada por Ivlev (1939), ampliada posteriormente por Brett (1970a), donde considera que el aumento de las variables en la ecuación es muy importante porque refleja en una forma mas precisa el flujo energético del pez; la ampliación de la ecuación considera el gasto energético en la producción de gametos, en

la actividad locomotriz y en la Acción Dinámica Especifica, de tal forma que la ecuación puede representarse como:

$$Q_R - (Q_F + Q_N) = Q_S + Q_L + Q_{ADE} + Q_G + Q_P$$

Donde:  $Q_R$  = Alimento ingerido.  $Q_F$  = Pérdida por heces.  
 $Q_S$  = Metabolismo basal.  $Q_N$  = Excreción de Nitrógeno.  
 $Q_L$  = Actividad locomotriz.  $Q_G$  = Crecimiento.  
 $Q_{ADE}$  = Acción Dinámica Especifica.  
 $Q_P$  = Gasto para la síntesis de productos sexuales.

Sin embargo, el Programa Biológico Internacional (IBP), ha propuesto la siguiente terminología (que es la utilizada en este estudio) (Ricker, 1971; Klekowski & Duncan, 1975):

$$C = P + R + F + U$$

C es la Energía contenida en el Alimento Ingerido.  
P es la Energía Producida como tejido o gametos.  
R es la Energía utilizada por el metabolismo (Respiración, movimiento y A.D.E.)  
F es la Energía perdida en las Heces.  
U es la Energía perdida a través de la excreción nitrogenada

También se puede subdividir la Producción en:

$$P = P_G + P_R \quad P_G = \text{Crecimiento.}$$

$$P_R = \text{Reproducción.}$$

Por otro lado, diversos comentarios de piscicultores del Centro El Zarco, indican que ahí se han hecho muchos estudios relacionados con la nutrición, pero que no todos fueron cuantificados científicamente, es decir, elaboraban una dieta, por ejemplo: en la década de los 70's emplearon hígado de res y carne de caballo, la utilizaban durante un tiempo y observaban la mortalidad y el crecimiento de los reproductores, si no resultaban adecuados a su criterio,

cambiaban la dieta, pero casi siempre empleando alimentos frescos; fue a principios de los 80's cuando utilizaron en forma regular alimento balanceado comercial, notando que bajó la calidad del huevo drásticamente, así como la sobrevivencia de las crías y de reproductores (Guerra, P. com. pers. 1989).

En estos últimos años, los trabajos de nutrición y fisiología piscícola, son muy específicos y están encaminados a optimar los recursos mediante mejoras particulares y detalladas, como pueden ser cambios en la concentración del Magnesio en la dieta, para que sirva de indicador del estado fisiológico de la trucha (Shearer, 1989).

Se midió la actividad proteolítica de las enzimas para obtener la cantidad exacta de los aminoácidos que deban reemplazarse en un elemento de la dieta ( Dabrowski, Poczczynski, Kock y Berger, 1989 ).

Skilbrei (1988), publica un nuevo método para graficar el crecimiento, llamado: " Método de Incremento Porcentual ". Por su parte, Ahma y Matty (1989), cuantificaron el crecimiento de las carpas de Israel, al suministrarles nuevos aditivos en forma de antibióticos en la dieta.

Los trabajos de fisiología concernientes al metabolismo aerobio también se centran en la optimación de la biotecnia en las pesquerías, muestra de esto está el trabajo de Latham y Just (1989), quienes trabajaron con embriones de trucha arco iris, a los cuales les variaron el nivel de oxígeno en diversos estadios del desarrollo para obtener la eclosión en menor tiempo del normal; mientras que Beamish et al (1989), estudiaron el impacto de la dieta al obligar a nadar al pez a distintas velocidades, y de esta forma, elucidar el flujo de agua mas adecuado para su cultivo.

### 3.-LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO :

El "Centro Acuicola El Zarco", se encuentra localizado en la Delegación de Cuajimalpa, D. F., en el km. 32.5 de la Carretera México-Toluca.

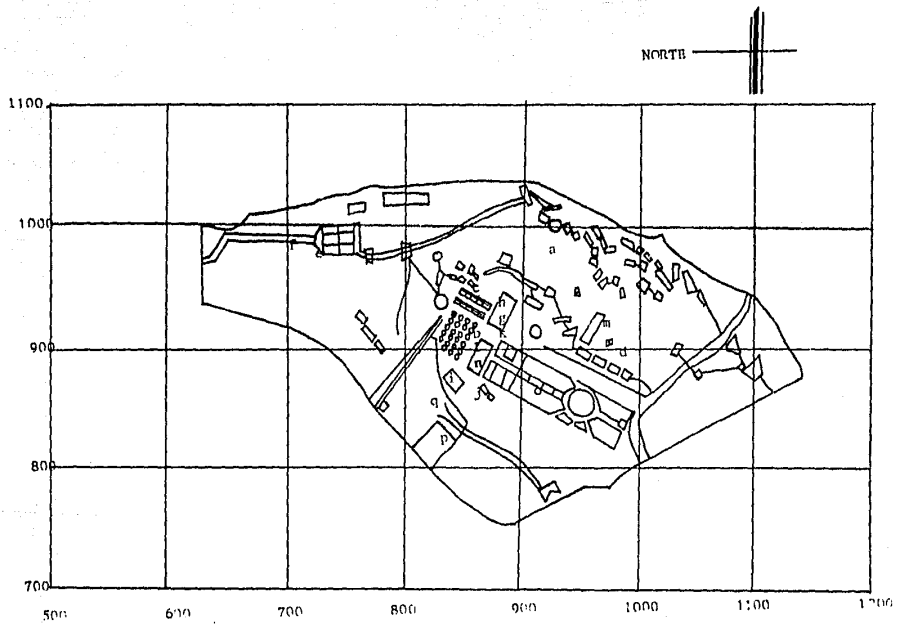
Sus coordenadas medias son: 19° 18' Latitud Norte y 99° 22' Longitud Oeste; tiene una altura media de 3050 msnm.

Se presenta distribución general en la figura 1.

La Piscifactoría pertenece a la Delegación Federal de Pesca del Estado de México; cuenta con un área total de 85,677.23 m<sup>2</sup> .; con la siguiente infraestructura:

- a) 39 estanques semirústicos de formas irregulares.
- b) 23 estanques circulares de concreto de 6 m. de diámetro.
- c) 16 estanques rectangulares de concreto.
- d) 5 estanques rústicos con techo a la mitad para crías.
- e) 2 baterías de 3 estanques cada una de flujo rápido.
- f) 1 estanque de concreto para cuarentena.
- g) 2 salas de incubación:
  - I: reacondicionamiento de las piletas de concreto.
  - II: 58 tinas de fibra de vidrio de 310 l. de capacidad.
    - 2 piletas de concreto de 4 m para estabular reproductores.
    - 1 tina circular de fibra de vidrio.
    - 11 incubadoras verticales heat-techno.
- h) 1 laboratorio.
- i) 2 albergues.
- j) 2 casas-habitación, una acondicionada para oficina.
- k) 1 almacén.
- l) 3 bodegas.
- m) 1 taller.
- n) 3 edificios del Colegio Nacional de Educación Profesional
- o) 4 estanques de mosaico para cultivo de "pulgas de agua".
- p) 1 estanque rústico en la presa en construcción para cultivar acociles (aprox. 200 m ).
- p) 1 presa de 2500 m .

El agua que abastece al centro proviene de escurrimientos Lénticos y Lóticos, los cuales dan un total de 40 a 70 L/seg. en estío y lluvias respectivamente; los principales manantiales que vierten sus aguas se denominan "Agua Azul" y "Pajaritos" (Guerrero, 1987); en el cuadro 1 se aprecia la calidad del agua.



AREA: 85, 677.23 m<sup>2</sup> .

FIGURA 3 : PLANO ESQUEMATICO DEL CUERPO AGÜICIA EL ZORRO.



C U A D R O      1

CALIDAD DEL AGUA EN EL CENTRO PISCICOLA EL ZARCO.

MEDIDAS DE PROMEDIOS ANUALES.

( 1988 - 1989 )

PARAMETRO	CANTIDAD
* pH	6.54 UNIDADES.
** TEMPERATURA	11.89 ° C.
OXIGENO DISUELTO	7.01 PPM.
‡ SATURACION DE OXIGENO	95.95
ALCALINIDAD A M	33.98 PPM. DE CARBONATOS (CaCO <sub>3</sub> ).
ALCALINIDAD A F	TRAZAS COMO CARBONATOS (CaCO <sub>3</sub> ).
DIOXIDO DE CARBONO	0.76 PPM.
DUREZA ( TOTAL )	34.28 PPM. DE CARBONATOS (CaCO <sub>3</sub> ).

NOTA: Los datos se tomaron mediante las técnicas de la American Public Health association ( APHA ), 1971.

\* Datos tomados con un potenciómetro Khalsico.

\*\* Datos tomados con un termómetro TERMOLAB de -20°C a +110°C.

La Estación de Servicio Meteorológico Nacional El Zarco, es la encargada de tomar los datos de esta región; en el cuadro 2 se aprecian los datos de temperatura, precipitación altura, coordenadas y la fórmula climática de esta zona.

Su clima es Templado, el mas subhúmedo de los que presentan lluvias en verano y propio de zonas montañosas cubiertas de Pino ( Pinus spp. ) y Oyamel ( Abies spp. ) a una altitud mayor de 3,000 m..

El porcentaje de lluvias en invierno es inferior al 5 % de las medias anuales, tiene un cociente Precipitación / Temperatura ( P/T ) superior al 55.0, lo cual hace a esta zona la mas húmeda de las de su tipo climático; el régimen de lluvias comienza en Mayo y termina en Octubre, con un máximo en Julio y un promedio medio anual de 1520.7 mm..

Durante los meses de Octubre a Febrero se presentan gran cantidad de heladas y algunas nevadas, principalmente en este último mes.

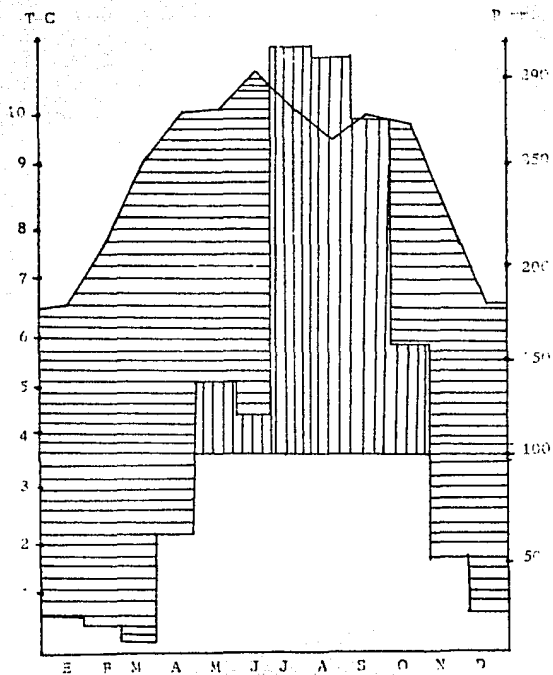
Hay menos de 4 meses con una temperatura superior a los 10° C, estos coinciden con los de mayor precipitación: Mayo, Junio y Julio; la máxima temperatura se alcanza en Junio con 10.8° C; la temperatura promedio anual es de 9° C. ( ver diagrama 1, y fórmula climática según Köppen modificada por García en el cuadro 2 ) (García, 1981; 1983).

CUADRO 2

DATOS METEOROLOGICOS DE LA ESTACION " EL ZARCO " DURANTE 3 AÑOS  
 ALTITUD DE LA ESTACION Y FORMULA CLIMATICA DE LA REGION

COOR- DENADAS	PAC- TIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PRO- MEDIO
19 17'	T 6	6.4	7.6	9.1	9.9	10.2	10.8	9.5	9.9	10.1	9.7	7.8	5.5	9.0
60 21'	P 100	16.8	12.5	4.6	59.8	138.1	207.3	266.8	293.5	272.5	155.7	45.9	19.0	152.7
ALTURA (m)				FORMULA CLIMATICA *										
3,400				$C ( w_2 ) ( w ) - c i$										

\* DATOS METEOROLOGICOS Y FORMULA CLIMATICA TOMADOS  
 DE GARCIA, 1981.



TEMPERATURA MEDIA ANUAL 9°C

PRECIPITACION MEDIA ANUAL 520.7 mm.

DIAGRAMA 1: DIAGRAMA CLIMATICO DEL CENTRO METEOROLOGICO EL ZARCO.

#### 4.-METODOLOGIA :

Para un aprovechamiento óptimo de las instalaciones, se efectuaron una serie de actividades previas al inicio del experimento.

Se escogieron 6 tinas de fibra de vidrio de 310 L. cada una, las cuales se lavaron con abundante agua y se desinfectaron con Cloruro de Benzalconio, dejándose secar al sol por espacio de 24 hrs. Finalmente, se limpiaron con agua corriente dejándose escurrir 3 hrs., para luego vaciarlas y llenarlas de nuevo poco antes del ensayo.

Durante la fase previa a los ensayos, en el transcurso de los mismos y a su término, se tomaron muestras de agua con el fin de efectuar diversos análisis físico-químicos; los parámetros medidos son los siguientes: temperatura del agua, potencial Hidrógeno, alcalinidad, dureza, oxígeno disuelto y dióxido de carbono; el método empleado se encuentra ampliamente descrito en el Manual APHA ( 1981 ). Estos resultados sirvieron como parámetro de comparación durante la etapa experimental y entre los tratamientos ensayados.

De un desove previo se seleccionaron 600 crías de trucha arco iris con  $X + S$  :  $3.0 \pm 0.5$  cm. de longitud total, medidas con un Ictiómetro de 30 cm. con 0.5 mm. de precisión.

La elección de las dietas, se hizo de acuerdo a las facilidades del Centro Piscícola para conseguir alimento; de tal forma que se seleccionaron 3 dietas:

DIETA 1 : Alimento Balanceado Comercial marca "Gigante".

DIETA 2 Alimento Balanceado con un complemento alimenticio de origen Natural suministrado en fresco, el cual era Daphnia spp.

DIETA 3 : Alimento Natural fresco Daphnia spp. ( "Pulgas de agua" ).

En el cuadro 3 se muestra la Composición Químico Proximal y el contenido de Energía Digerible de los alimentos.

Para conseguir el Alimento Natural, se instaló en el Centro un cultivo semintensivo de Daphnia spp. por reunir las siguientes características ( Richman, 1958 ) :

- 1- Alimento Natural de crías de Trucha arco iris.
- 2- Fácil implementación de su cultivo todo el año.
- 3- Ciclo de vida muy corto y prolífico.

CUADRO      3

COMPOSICION QUIMICO PROXIMAL  
DE LAS DIETAS PROBADAS

§ DEL COMPONENTE	TIPO DE DIETA		
	BALANCEADA	MEZCLA	NATURAL
PROTEINA CRUDA ( N X 6.25 )	44.59	44.75	44.91
EXTRACTO ETereo ( LIPIDOS )	5.78	7.40	9.02
CENIZAS ( MINERALES )	9.67	18.61	27.56
FIBRA CRUDA ( CARBOHIDRATOS )	1.67	7.69	13.71
CONTENIDO DE ENERGIA DIGERIBLE ( CAL / G )	3539.42	3557.62	2775.81

- 4- Carece de huevos libres o estados larvarios.
- 5- Homogeneidad genética causada por la Partenogénesis.
- 6- Ausencia de estructura social compleja.

Se emplearon 4 estanques de 10 X 2 X 0.15 m. (largo, ancho y fondo), éstos se lavaron, encalaron ( 1.5 kg. / m<sup>2</sup> ) de cal viva y se secaron al sol por 7 días, después se enjuagaron dejando escurrir el agua durante 5 hrs. para posteriormente llenarse y fertilizarse.

El fertilizante consistió en estiércol de caballo, por ser rico en materia orgánica, la cual al descomponerse en el agua produce el alimento de las pulgas, que consiste principalmente en *Chlamydomonas* y *Diatomeas* las cuales son muy fácilmente asimilables por las pulgas de agua; aumenta de esta forma considerablemente la talla de las pulgas de agua y su coloración se vuelve café-rojiza (Palcheimo, 1982).

El fertilizante se colectaba del Parque Nacional Miguel Hidalgo, mejor conocido como "La Marquesa", se administraba a razón de 1.5 kg. por m<sup>2</sup> de estanque.

Cuando el agua tomaba la coloración "ámbar", se realizaba la siembra de las pulgas de agua, traídas de la Presa Salazar, a 10 km. del Zarco, se dejaba intacto el estanque una semana, para dar oportunidad de que se reprodujeran y crecieran los crustáceos ( Banta, 1970 ).

La colecta de éstos se realizaba diario con una red de fitoplancton del # 12, entre las 12:00 y 13:00 Hrs., momento en que por la radiación solar aumenta la temperatura de la superficie del agua y hay mayor número de zooplancton cerca de ella ( Stross, 1969 ).

Se lavaban las pulgas colectadas en la red con agua corriente durante dos horas, lo cual servía para purgarlas, por último, se vaciaban en un papel filtro Whatman # 1 de 12.5 cm. de diámetro, el cual había sido pesado previamente; para pesarse después con las pulgas y saber la cantidad de éstas en peso fresco, se suministraban vivas (De Paw, 1981).

Las 600 crías seleccionadas, se dispusieron aleatoriamente en números iguales entre los tres tratamientos con una réplica cada uno, de tal forma que hubo 6 unidades experimentales con 100 crías cada una distribuidas así:

LOTES 1 y 2: DIETA 1; Este tratamiento representó el control puesto que era la dieta suministrada comúnmente en el Zarco.

LOTES 3 y 4: DIETA 2; El alimento balanceado se administraba cada tercer día alternando con el alimento natural.

LOTES 5 y 6: DIETA 3; Alimento Natural Vivo a diario.

Los alimentos se suministraron cada dos horas hasta que las crías alcanzaron la talla media de  $X + S : 5.0 \pm 1.0$  cm.; después de este periodo sólo dos veces al día, a las 9:30 y 13:30 Hrs., cada alimentación duraba 10 minutos; la ración fue "ad libitum". Pese a lo anterior y para llevar un seguimiento de ésta, la cantidad se determinó como porcentaje de peso corporal, para lo cual se tomó en cuenta la biomasa total de cada unidad experimental, la talla total de los peces ahí contenidos y la temperatura del agua, los datos fueron trasladados a las tablas de alimentación de Haskell (1951) referidas en Bardach et al (1986).

Para mantener las instalaciones en óptimas condiciones, cada día se limpiaban las unidades experimentales, para lo cual se removían los organismos muertos y se eliminaban las heces, la tierra y el alimento no consumido que se sedimentaba en el fondo.

También se cuantificaba la sobrevivencia, se observaba el comportamiento y las enfermedades notorias morfológicamente.

Cada quincena se tomaron mediciones de los siguientes parámetros biométricos:

Peso total: con una balanza electrónica Sartorius sensible a 0.05 g.

Longitud total y Altura total: tomadas con un Ictiómetro de 30 cm. con precisión de 0.05 mm.

Para las mediciones se tomaba una submuestra de 25 crías al azar de cada lote, el máximo y el mínimo debían estar incluidos.

En los peces, el peso varía como una potencia de la longitud ( Ricker, 1971 ), de ahí que:

$$W = a L^3 \quad \text{ó} \quad W = a L^b$$

El valor de  $b$  se calculó al graficar el logaritmo del peso contra el logaritmo de la longitud para cada una de las poblaciones; debido a que  $a$  y  $b$  son característicos para una población particular, este modelo se aplicó a todas las tinas.



La relación peso seco contra peso húmedo, también se hizo para cada unidad experimental mediante una regresión ajustada por mínimos cuadrados ( Zar, 1974 ).

La evaluación del peso seco se determinó colocando los ejemplares en una estufa a temperatura constante de 80 C, durante 15 días, asimismo, se determinó el porcentaje de humedad del tejido; esta fase del experimento se realizó al término del trabajo.

En cualquier estudio de poblaciones de peces, al hablar de calidades de dietas, es indispensable conocer el factor de condición ( k ) de los organismos, con lo cual, se sabrá el tipo de crecimiento del pez y su grado de bienestar físico ( Medina, 1976; Kuri-Nivon, 1980 ):

$$K = 10^{\frac{2}{L}} \times W^b$$

Donde: K = Factor de Condición.  
W = Peso.  
L = Longitud.  
b = Exponente de la ecuación  
Peso-Longitud:  $P = K L^b$

El crecimiento se expresó como la Tasa de Crecimiento Instantáneo ( Goolish y Adelman, 1984 ) :

$$G = \frac{\log_n ( W_F ) - \log_n ( W_I )}{\Delta T} \times 100$$

Se expresó como porcentaje del peso corporal por día.

Se define la Producción como la elaboración corporal de tejido en cualquier intervalo de tiempo; de esta forma, Allen (1950) formuló la Producción como sigue:

$$P = G \Delta T B$$

Donde: P = Producción  
G = Crecimiento.  
ΔT = Intervalo de Tiempo.  
B = Biomasa media.

La ecuación anterior es válida durante intervalos de tiempo con un crecimiento constante ( una estancia determinada ) y se basa, en el modelo exponencial de crecimiento de von Bertalanffy (Bagenal, 1978)

Al término del estudio se enviaron los organismos al Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M., para practicarles un análisis químico proximal y de contenido de Energía Digerible del Tejido.

Al final del experimento, se evaluaron los principales índices fisiológicos, para obtener con esto, una aproximación mas fehaciente de la calidad de las dietas y de los efectos que tuvieron éstas en los peces, para lo cual se estimaron los siguientes parámetros:

- Tasa metabólica de rutina ( consumo de oxígeno )
- Excreción ( Nitrógeno amoniacal )

Se realizaron ensayos con 34 animales de rango de peso X + S: 7.4 ± 0.8 g. Los organismos provenían de las tres dietas probadas y fueron separados en 17 respirómetros de 4 L. de capacidad cada uno de la siguiente forma: En los primeros 5 respirómetros se colocaron dos peces de talla similar en cada uno de la dieta 1; los respirómetros del 6 al 11 contenían peces de la dieta 2; los restantes mantuvieron crías de la tercera dieta. Las cámaras se colocaron dentro de recipientes con agua para ayudar a mantener una temperatura constante ( 12°C ).

Se airearon las cámaras hasta llegar a la saturación, se midió el oxígeno disuelto y la concentración de nitrógeno como parámetros iniciales, posteriormente a esto, se cerraron por espacio de una hora, se destaparon y mediante un electrodo se tomó el oxígeno disuelto de nuevo, también se separaron alícuotas de 50 ml. para medir la excreción de nitrógeno; se saturaron otra vez las cámaras, se hizo un recambio parcial de agua, se tomaron los parámetros anteriores, para indicar el inicio de la segunda fase, se taparon de nuevo y se repitió el procedimiento anterior. Las lecturas se efectuaron entre las 12:00 - 14:00 hrs. y las 15:00 - 17:00 hrs.

Debido a que el Amonio es el principal producto de excreción en Teleosteos de agua dulce, se utilizó el método de Azul de Indofenol para determinar el nitrógeno amoniacal de la excreción ( Elliot, 1976 ); este método depende de la formación del color azul cuando el Fenato reacciona con el Sodio en presencia de solución oxidante de Hipoclorito de Sodio, la concentración mínima detectada con esta técnica es 5 µg / L N - N H ( Rodier, 1978 ).

Estos estudios se realizaron con peces en ayunas y recién alimentados, en forma tal que pudiese detectarse la Acción Dinámica Específica Aparente ( ADE ) ( Beamish, 1974 )

Se ha dicho en muchas ocasiones que no puede haber estudios de Fisiología y Ecología completos si no se calculan las relaciones entre el peso seco de los organismos y sus índices fisiológicos elementales ( Respiración y Excreción ).

La tasa metabólica de rutina y la excreción nitrogenada dependen en forma potencial del peso corporal según la siguiente ecuación:

$$Y = b X^a \quad \text{Donde:} \quad Y = \text{Tasa Metabolica.}$$

$$X = \text{Peso seco.}$$

$$b \text{ y } a = \text{Constantes.}$$

La  $a$  se calculó de la gráfica doble logarítmica,  $e$  indica la pendiente de la recta. Esta ecuación es un caso especial de la fórmula alométrica ( Pandian, 1967 a ); se pudo calcular de esta forma, la relación del consumo de oxígeno y el peso seco corporal, así como la excreción de nitrógeno amoniacal y el peso seco, ambas en las condiciones de peces recién alimentados y en ayunas.

Con los datos obtenidos, se calcularon los índices para un pez de 5 g. de peso húmedo, ya que fue la talla media en este estudio.

La Eficiencia de Asimilación según Conover (1969), establece que sólo la materia orgánica se ve afectada por el tracto digestivo de los animales, y mide la proporción de materia orgánica en el alimento ingerido (  $F$  ) y en las heces (  $E$  ) de la siguiente forma ( in : Klekowski y Duncan , 1975 )

$$U = \frac{F' + E'}{(1 - E') F} \times 100$$

$U$  = Asimilación del alimento ingerido.

$F'$  =  $\frac{\text{Peso seco del alimento libre de cenizas.}}{\text{Peso seco total del alimento.}}$

$E'$  =  $\frac{\text{Peso seco de heces libre de cenizas.}}{\text{Peso seco total de las heces.}}$

Es entonces cuando se dice que la eficiencia de la asimilación equivale al "coeficiente de digestibilidad" ( Pandian, 1967 a, b, c. ).

Por tanto, para completar la ecuación de Conover, se colectaron heces de las crías durante un ciclo de 24 hrs., para lo cual se colocaron tres crías de peso similar en cada una de las cámaras siguiendo la disposición mencionada en 3.5.3.1, se sifoneó el fondo de las mismas para colectar los desechos en una tela de organza de menor abertura de malla que 0.1 mm.; se secaron las heces en una estufa a 80 C durante 15 días, se pesaron en una balanza analítica y se separaron en dos grupos: Al primero se le efectuó un análisis de contenido de Energía por el método Calorimétrico, empleando un calorímetro Parr. Mientras que al segundo grupo, se le cuantificó el contenido de Materia Orgánica al colocarlas en una mufla a 500 C durante 5 hrs. ( Klekowsky & Duncan, 1975 ).

El Balance Energético se realizó evaluando los diversos elementos de la ecuación general del balance de energía en el organismo:

$$C = P + R + F + U$$

C = Crecimiento.

P = Producción ( Tejido + gametos + ... ).

R = Tasa Metabólica ( Respiración + A D E + ... ).

F = Heces ( Materia Orgánica NO asimilada ... ).

U = Excreción ( N-NH<sub>4</sub> + Creatinina + Urea + ... ).

4

La ecuación anterior se basa en la distribución relativa de la Energía en los peces, utilizando la terminología propuesta por el Programa Biológico Internacional ( IBP en inglés) (Ricker, 1971; Klekowsky & Duncan, 1975; Webb, 1978).

El Balance de la ecuación se efectuó considerando sus elementos en calorías, tomando los valores de Qox y Qex de la literatura ( Brett & Groves, 1979 ); asimismo, se expresaron por unidad de tiempo ( día ) y para un ejemplar tipo ( 5 g. peso humedo ).

Considerando el tipo de diseño experimental de efectos fijos con réplicas, se efectuaron Análisis de Varianzas para contrastar los diversos índices medidos, así como Contraste Múltiple de Medias ( SNK ) para detectar las diferencias

entre los tratamientos ensayados; para el ajuste de las relaciones morfométricas y aquellas de los índices fisiológicos, se empleó el método de Mínimos Cuadrados ( Zar, 1974 ).

los datos se procesaron en una computadora personal compatible con IBM, utilizando los siguientes programas:

Procesador de palabras WordStar 3.30.

Programa para graficar SYMPHONY ( Lotus 1, 2, 3 ).

Paquete para análisis estadístico SYSTAT.

## 5. - RESULTADOS

### 5.1. - CALIDAD DEL AGUA

En el Cuadro 1, se muestran los resultados de los diferentes parámetros monitoreados para determinar la calidad del agua de la piscifactoría el Zarco.

La temperatura promedio fue de 12°C.; el oxígeno disuelto de 7 mg. / L.; el pH de 8.5; la dureza, alcalinidad estuvieron en 34.20 y 33.98 mg / L. respectivamente; y el dióxido de carbono promedio 0.75 mg. / L. La saturación de oxígeno fue 95.25 %, (consultar Cuadro 1).

Cabe señalar que los valores se mantuvieron constantes a lo largo del año, con excepción de la dureza, la cual disminuyó notablemente (mas de 15 mg / L. ) durante los meses de noviembre y diciembre.

El Cuadro 4, se realizó para observar en forma comparativa los valores fisico-químicos del agua del Zarco con lo que muestra la literatura y un centro productor de crías con altitud semejante al área de este estudio. La discusión de este Cuadro se realiza mas adelante.

### 5.2. - CRECIMIENTO:

En el Cuadro 5 se presentan los incrementos del crecimiento en peso húmedo corporal para las crías de las tres dietas probadas.

Se pudo observar que la dieta de alimento balanceado tuvo el incremento en peso mayor con respecto a las otras dos dietas: 10.20 g. por 9.5 g. para la dieta mezclada y 4.8 g. en la dieta natural; sin embargo, presenta la dieta balanceada un intervalo de confianza muy elevado, lo cual indica una gran variabilidad de pesos entre la población, mientras que la dieta natural tiene una homogeneidad muy buena (1.1 a 9.0 g. por 10), además de la mayor sobrevivencia de todos los lotes experimentales. La dieta mezclada se encuentra en condiciones medias en todos los casos mencionados.

### 5.3. - INDICES MORFOMÉTRICOS Y COMPOSICIÓN DEL TEJIDO:

El Cuadro 6 representa las relaciones morfométricas e índices del crecimiento de las crías utilizados en este estudio.

C U A D R O      4

DATOS COMPARATIVOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL CENTRO ACUICOLA  
"EL ZARCO" CON LOS VALORES REPORTADOS EN LA LITERATURA COMO  
OPTIMOS PARA EL CULTIVO DE TRUCHA ARCO IRIS

PARAMETRO COMPARADO	EL ZARCO* 1988 - 1989	SEPESCA** 1988	VILLARREAL*** 1988
TEMPERATURA °C	11.89	11 - 14	12 - 15
O2 d. MG /L.	7.01	7 o MAS	7 o MAS
p H	6.54	6.8-8.0	6.8-8.2
CO2 MG / L.	0.76	2 (EQUILIBRIO)	1.5-5.0
ALCALINIDAD "M" MG / L.	33.98	20 - 200	20 - 200
DUREZA TOTAL MG / L.	34.28	50 - 250	10 - 200

\* DATOS TOMADOS DIRECTAMENTE EN LAS INSTALACIONES DEL CENTRO.

\*\* LINEAMIENTOS NORMATIVOS PARA SANIDAD Y NUTRICION ACUICOLA EN MEXICO, SEPESCA.

\*\*\*CENTRO ACUICOLA DE MATZINGA, VERACRUZ. ( PRESENTA CARACTERISTICAS CLIMATICAS SIMILARES AL ZARCO ).

C U A D R O      5

INCREMENTO DEL CRECIMIENTO DE LAS CRIAS DE TRUCHA ARCO  
IRIS EN PESO HUMEDO CORPORAL

( gramos ) :  $\bar{X} \pm I.C ( 95 \% )$ .

TIPO DE DIETA	T I E M P O    E N    M E S E S					
	1	2	3	4	5	6
BALANCEADA	0.7±0.2	1.0±0.2	1.6±0.3	2.2±0.3	4.7±0.7	10.2±2.9
rango:	0.4-1.7	0.4-2.5	0.5-4.6	0.5-6.5	1-15.5	2.2-37.2
( n )	( 25 )	( 25 )	( 25 )	( 30 )	( 30 )	( 63 )
MEZCLA	0.7±0.1	1.1±1.4	1.7±0.2	2.3±0.3	5±0.6	8.6±0.8
rango:	0.3-1.2	0.5-2.4	0.6-4.0	0.6-7.7	1.3-15.0	3.4-26.0
( n )	( 25 )	( 25 )	( 25 )	( 30 )	( 30 )	( 132 )
NATURAL	0.6±0.1	0.8±0.1	1±0.2	1.5±0.3	2.6±0.3	4.8±0.5
rango :	0.3-1.5	0.3-1.8	0.5-3.8	0.5-7.3	1-9.5	1.4-17.4
( n )	( 25 )	( 25 )	( 25 )	( 30 )	( 30 )	( 144 )

rango = Mínimo - Máximo.

( n ) = Tamano de la muestra ( número de individuos ).



C U A D R O      6

RELACIONES MORFOMETRICAS E INDICES DE CRECIMIENTO  
 EN CRIAS DE TRUCHA ARCO IRIS :  $\bar{X} \pm I.C. (95 \%)$   
 ALIMENTADAS CON TRES DISTINTAS DIETAS

RELACION E INDICES	T I P O      D E      D I E T A		
	BALANCEADA	M E Z C L A	N A T U R A L
PESO HUMEDO- LONGITUD TOTAL <sup>2</sup> ( r )	$Y = 0.016 X^{2.83}$ ( 0.90 )	$Y = 0.015 X^{2.84}$ ( 0.88 )	$Y = 0.011 X^{2.97}$ ( 0.96 )
PESO SECO P. HUMEDO ( r )	$Y = -0.15+0.25 X$ ( 0.99 )	$Y = -0.12+0.24 X$ ( 0.99 )	$Y = 0.03+0.21 X$ ( 0.98 )
PESO SECO ( g. )	$2.3 \pm 0.33$	$2.0 \pm 0.15$	$1.0 \pm 0.08$
% HUMEDAD DEL TEJIDO	$77.2 \pm 0.55$	$77.21 \pm 0.32$	$78.2 \pm 0.22$
TAMANO DE MUESTRA (n)	( 63 )	( 132 )	( 144 )

Se encontró que el crecimiento desarrolló por los Trucha arco iris fue del tipo isométrico, ya que los exponentes de la relación peso-longitud fueron: 2.93 en la dieta balanceada; 2.84 en la dieta mezclada; y 2.97 en la dieta natural. También se encontró que el índice de la variabilidad considerada por el ajuste ( $r^2$ ), se acercó bastante a la unidad (igual o mayor de 0.66, que fue el dato más bajo registrado en este trabajo) por lo que los datos de la regresión se sitúan en un intervalo de confianza aceptable (I. C. 95 %).

La Figura 2 muestra las relaciones de peso húmedo contra longitud total, en forma comparativa entre las tres dietas utilizadas.

En cuanto a las relaciones peso seco y peso húmedo se puede decir que tienen una precisión casi perfecta ( $r = 0.99$ ) y que para un peso de peso húmedo de 5 gramos el cual se sitúa en la media general de este estudio los valores estimados de peso seco son: 1.1 g., 1.08 g. y 1.06 g. para la dieta balanceada, mezclada y natural respectivamente, lo que indica que no hay diferencias significativas entre las tres dietas para el rango de crías que comprende 0.5 - 10.0 g.

Se muestra la composición química proximal del tejido corporal de las crías al término de este experimento en el Cuadro 7.

Se aprecia en el Cuadro 7 que el porcentaje de humedad de tejido es idéntico en todos los casos, alrededor del 84%. Asimismo, los valores de composición corporal de los peces fueron similares en los tratamientos de alimento balanceado y alimento mezclado, en el caso de la dieta natural, el tejido del pez decreció en contenido lipídico incrementando sus niveles de carbohidratos a la vez que tuvo un contenido energético 13 % inferior a los otros alimentos probados. Los niveles de proteínas en la composición de tejido corporal, fueron similares en las dietas 1 y 2 : 60.85 y 60.82 respectivamente; mientras que la dieta natural tuvo 66.44 % de proteínas, lo que indica un aumento del 9 %.

#### 5.4.- FACTOR DE CONDICION, SOBREVIVENCIA Y PRODUCCION

En el Cuadro 8 se presentan los valores de tasas de crecimiento, factores de condición, sobrevivencia y producción de los peces sometidos a este estudio.

En el presente trabajo no se encontró correlación positiva entre el nivel de proteínas de la dieta y el factor de condición ( $K$ ) del pez, el alimento balanceado y la mezcla utilizada mostraron estadísticamente  $K$  iguales: 1.54 y 1.56.

# GRAFICA COMPARATIVA ENTRE LAS DIETAS

PESO HUMEDO VS. LONGITUD TOTAL

PESO HUMED.C ( g )

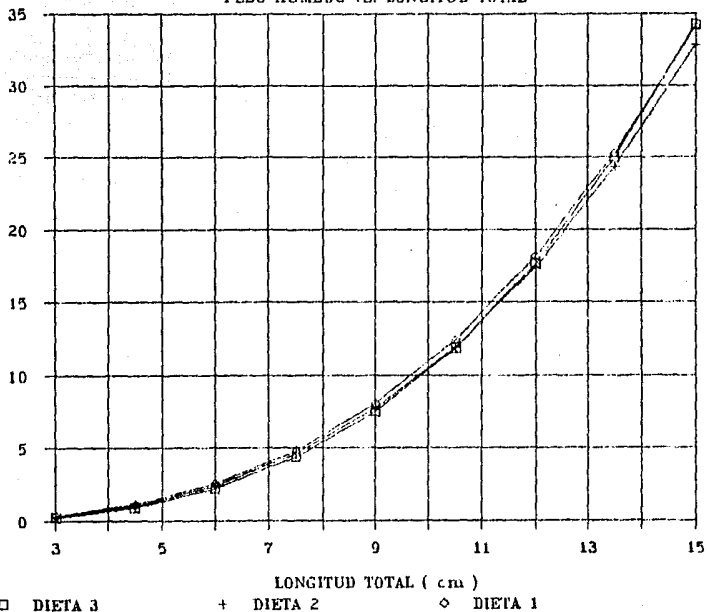


FIGURA 101: GRAFICA COMPARATIVA DE PESO HUMEDO VS. LONGITUD ENTRE LAS TRES DIETAS.

C U A D R O      7

COMPOSICION QUIMICO PROXIMAL DEL TEJIDO CORPORAL  
DE LAS CRIAS DE TRUCHA ARCO IRIS AL TERMINO DE ESTE ESTUDIO

COMPONENTE QUIMICO PROXIMAL DEL TEJIDO (%)	T I P O      D E      D I E T A		
	BALANCEADA	MEZCLA	NATURAL
PROTEINA CRUDA ( N X 6.25 )	60.85	60.82	66.44
EXTRACTO ETereo ( LIPIDOS )	21.08	20.19	13.51
CENIZAS ( MINERALES )	10.58	10.87	11.12
FIBRA CRUDA (CARBOHIDRATOS)	0.30	1.60	5.15
CONTENIDO DE ENERGIA DIGERIBLE ( Cal / g. )	4185.7	4107.5	3641.9

CUADRO      8

CRECIMIENTO, FACTOR DE CONDICION, SOBREVIVENCIA Y PRODUCCION  
EN CRIAS DE TRUCHA ARCO IRIS ALIMENTADAS CON  
TRES DIETAS DISTINTAS :  $\bar{X} \pm I.C.$  ( 95 % )

INDICE MEDIDO	TIPO DE DIETA		
	BALANCEADA	MEZCLA	NATURAL
FACTOR DE CONDICION	1.54 $\pm$ 0.06	1.45 $\pm$ 0.03	1.06 $\pm$ 0.01
TASA DE CRECIMIENTO (% Pc./DIA)	1.71 $\pm$ 0.37	1.68 $\pm$ 0.48	1.44 $\pm$ 0.17
SOBREVIVENCIA ( % )	40.7	76.0	78.1
PRODUCCION ( g. )	594.7	952.8	518.3

respectivamente; mientras que la dieta natural tuvo un factor de condición mas del 25 % inferior a la dieta mezclada y mas del 30 % por debajo de la dieta balanceada. El mismo efecto se presentó con las tasas instantáneas de crecimiento; similares las de las dietas 1 y 2: 1.71 y 1.69 respectivamente; e inferior la de la dieta natural: 1.44.

Por otro lado, la sobrevivencia fue similar entre las dietas mezclada y natural, llegando casi al 80%, mientras que en la balanceada alcanzó apenas al 40%, sin embargo, por el método usado para obtener la producción total (método de Allen, referido por Eagan, 1978), se observa que la dieta balanceada produjo 501.7 g. contra 318.3 g. de la natural, la mezcla arrojó 951.8 g. siendo superior en un 37% a su inmediata inferior y en un 45.6% a la dieta natural, como se observa en la Cuadro 8.

El Figura 3 contempla la sumatoria de la producción de las tres dietas como el 100 %, para partir a los porcentajes absolutos de producción para cada una de las tres dietas.

En las Figuras 4, 5 y 6 se muestran las tasas de crecimiento instantáneas de las crías mantenidas con alimento balanceado, alimento mezclada y alimento natural respectivamente; la Figura 7 representa las tasas de crecimiento en forma comparativa entre los lotes de las tres dietas.

En estas Figuras se observa una tendencia a incrementar el peso del organismo conforme pasa el tiempo, por otro lado, se denota una baja en el crecimiento en peso, durante los meses tercero y cuarto de duración de este ensayo, en las crías de las tres dietas probadas.

#### 5.5.- TASA METABOLICA DE RUTINA

La influencia de la alimentación en el metabolismo aerobio de crías de Trucha arco iris en la condición de ayunas y alimentadas, se presenta en el Cuadro 9.

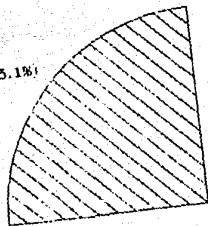
Para los organismos en ayunas, la tasa metabólica fue muy elevada durante la primera medición: 0.072, 0.081 y 0.103 mg O<sub>2</sub> /g. P.h.X hr., para las dietas balanceada, mezcla y natural respectivamente.

Se observó, que no descendió mucho el valor del consumo de oxígeno entre las dos mediciones: 6.7%, 11.1% y 5.8% en las dietas una, dos y tres respectivamente, por lo cual, no se puede pensar que se ha llegado a la normalidad.

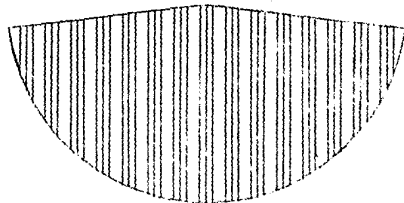
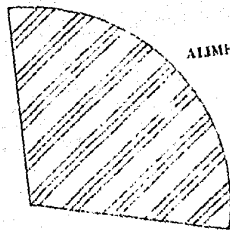
Para la condición de truchas alimentadas, se observó un efecto similar a las anteriores. Con la diferencia de que los valores con respecto a las de ayunas son mas bajos en ambas mediciones, por lo cual tampoco se llega a la normalidad.

DIAGRAMA DE LA PRODUCCION TOTAL  
COMPARACION ENTRE LAS TRES DIETAS

ALIMENTO NATURAL (25.1%)



ALIMENTO COMERCIAL (2.0)



ALIMENTO MEZCLADO (46.1%)

FIGURA 1 : DIAGRAMA COMPARATIVO ENTRE LAS TRES DIETAS DE LA PRODUCCION TOTAL.

TASA DE CRECIMIENTO ( g )

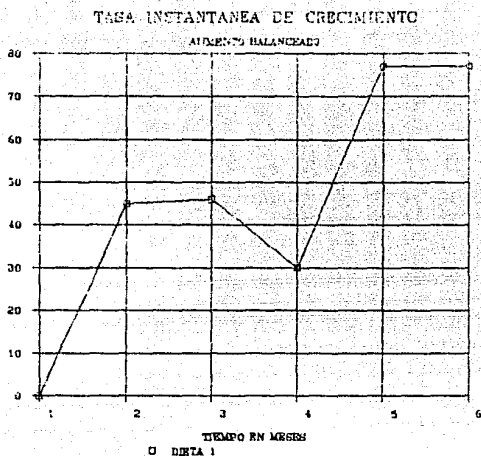


FIGURA 4: TASA INSTANTANEA DE CRECIMIENTO DE LA DIETA BALANCEADA.

TASA DE CRECIMIENTO ( g )

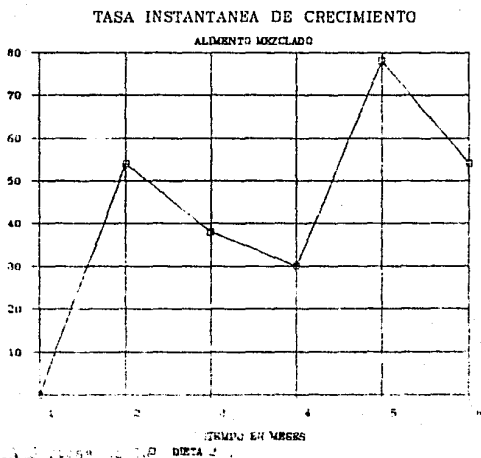


FIGURA 5: TASA INSTANTANEA DE CRECIMIENTO DE LA DIETA 2.



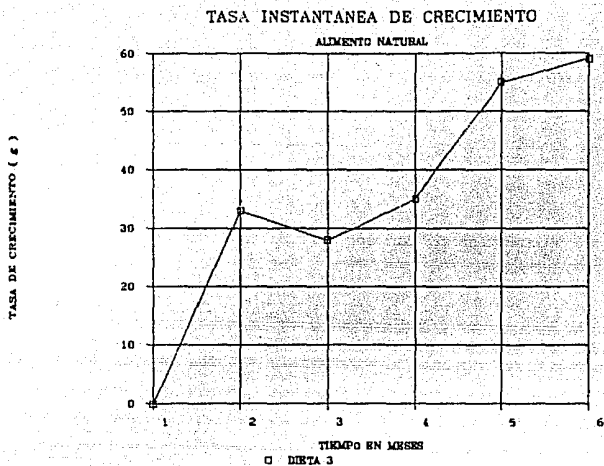


FIGURA 6: tasa de crecimiento de la dieta natural.

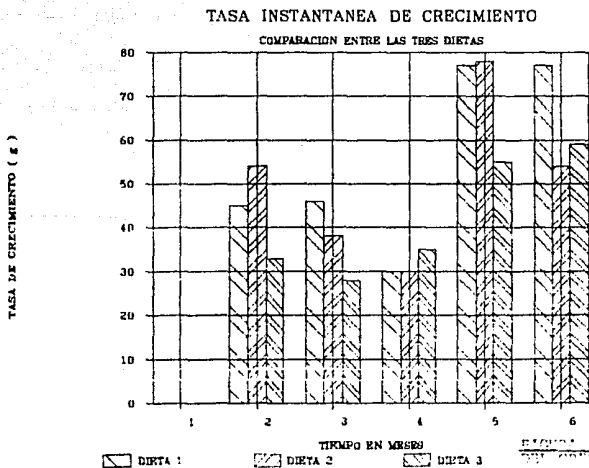


FIGURA 7: COMPARACION DEL CRECIMIENTO.

C U A D R O      9

INFLUENCIA DE LA ALIMENTACION EN EL METABOLISMO AEROBIO  
 ( mg O<sub>2</sub> /ej /g X H<sup>-1</sup> ) EN CRIAS DE TRUCHA ARCO IRIS  
 CON DOS LAPROS DE MEDICIONES :  $\bar{X} \pm$  I.C. ( 95 % ), ( n ).

CON- DI- CION	TIPO DE DIE- TA	PESO HUME- DO ( g )	LAPSOS DE MEDICION ( HORAS )					
			12		14		17	
			EJEMPLAR	g. P. H.	EJEMPLAR	g. P. H.	EJEMPLAR	g. P. H.
A Y U N A S	BALAN- CEADA.	8.6±2.6 ( 10 )	0.61±0.18	0.072±0.002	0.55±0.17	0.067±0.005		
	MEZ- CLA.	9.1±1.6 ( 12 )	0.75±0.15	0.081±0.003	0.63±0.13	0.072±0.010		
	NATU- RAL.	4.6±0.8 ( 12 )	0.46±0.07	0.103±0.006	0.42±0.05	0.097±0.007		
L A P S O S			12	-	14	15	-	17
A L I M E N T A D A S	BALAN- CEADA.	11.3±2.9 ( 10 )	0.07±0.12	0.071±0.009	0.63±0.13	0.06±0.006		
	MEZ- CLA.	8.3±1.5 ( 12 )	0.63±0.10	0.078±0.005	0.49±0.08	0.06±0.004		
	NATU- RAL.	3.4±0.3 ( 12 )	0.27±0.03	0.078±0.002	0.25±0.02	0.75±0.008		

condiciones de la dieta uno y dos, presentando la dieta natural una diferencia significativa de 25%. También se nota que la disminución en el consumo de oxígeno, entre las

dos mediciones es mayor en el caso de las dietas uno y dos: 14% y 23% respectivamente, siendo el valor de la dieta tres casi imperceptible: 3.8%.

Los resultados obtenidos con respecto a la tasa metabólica de rutina, muestran un mayor consumo de oxígeno en los organismos más pequeños, localizados en la dieta natural, manteniendo su elevada tasa metabólica por más tiempo que las dietas restantes, sólo decrece 3.8% entre las primeras 5-7 hrs. del experimento, cuando las demás tasa bajaron al menos un 15%.

Al comparar los valores registrados entre las dos condiciones, no se vislumbran las variaciones esperadas, es decir, una mayor actividad metabólica en la condición alimentada, sino que para el caso de las dietas balanceada y mezclada, la diferencia no es estadísticamente significativa, menor del 4% en ambas; por su parte, la dieta natural tiene una variación de casi 25%.

El efecto de la Acción Dinámica Específica Aparente, no pudo ser detectado. Sin embargo, se detectó una elevación en la tasa respiratoria de los organismos de la dieta natural en ambas condiciones (ayunas y alimentadas), con respecto a las otras dos dietas: las diferencias fueron mayores del 30% en la condición ayunas de la primera medición y, mayor de 40% en la segunda medición; mientras que en la condición alimentadas, las diferencias fueron significativas únicamente en la segunda medición: mayores del 25%.

Por último, los valores del oxígeno disuelto en el agua, que en términos generales son más bajos en las crías alimentadas: 16% menos en dieta balanceada y 2% menos en la dieta mezclada.

El Cuadro 10 muestra la relación matemática entre la tasa metabólica de rutina y el peso seco corporal de las crías alimentadas con tres dietas diferentes.

Las relaciones entre la tasa metabólica y el peso seco corporal que se observan en el Cuadro 10, denotan que los niveles de las tasas metabólicas son similares en todos los casos, excepto en la condición ayunas del alimento natural: 20% más alta; mostrando además, una asimilación semejante, ya que los intervalos de confianza de las pendientes se traslapan, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) exceptuando la dieta balanceada en la condición alimentada, que registró la asimilación más baja: 30% inferior a las demás.

C U A D R O      10

RELACIONES ENTRE LA TASA METABOLICA  $QO_2$  Y EL PESO SECO CORPORAL  
PARA CRIAS DE TRUCHA ARCO IRIS EN AYUNAS Y ALIMENTADAS  
CON TRES DIFERENTES DIETAS ( mg / g. Ps. X Hr. <sup>-1</sup> )

TIPO DE DIETA	CONDICION	n	$QO_2 = K Pc$	$\alpha \pm I.C (P > 0.05)$	r
ALIMENTO	ALIMENTADAS	5	$Y = 0.3886 X$	$0.5950 \pm 0.0476$	0.99
BALANCEADO	AYUNAS	5	$Y = 0.3344 X$	$0.8197 \pm 0.0721$	0.99
ALIMENTO	ALIMENTADAS	6	$Y = 0.3519 X$	$0.7432 \pm 0.1985$	0.96
MEZCLADO	AYUNAS	6	$Y = 0.3701 X$	$0.8511 \pm 0.2107$	0.90
ALIMENTO	ALIMENTADAS	6	$Y = 0.3279 X$	$0.8170 \pm 0.2503$	0.85
NATURAL	AYUNAS	6	$Y = 0.4483 X$	$0.7952 \pm 0.0454$	0.99

Los coeficientes de determinación estuvieron arriba de 0.90, excepto la dieta mezclada en condición de ayunas ( $r^2=0.81$ ) y la condición alimentadas de la dieta natural ( $r^2=0.73$ ), asimismo, estas dietas tuvieron el intervalo de confianza (95%) para  $\beta$  mas elevado, superior a 0.2, lo que denota mayor dispersión de los datos.

El análisis ANDEVA que se realizó para determinar la dependencia de  $Y$  con respecto a  $X$ , indicó que en los tratamientos de truchas alimentadas se acepta  $\beta = 0$  con:  $P > 0.05$ , debido a que tienen gran dispersión de datos:  $r^2$  de ANDEVA = 0.83, 0.51 y 0.72, para las dietas balanceada, mezcla y natural respectivamente. Por otro lado, las truchas en ayunas presentan buena agregación de datos:  $r^2 = 0.98$ , 0.77 y 0.99 para los tratamientos uno, dos y tres respectivamente, y por lo tanto, en este caso, se rechaza la hipótesis de  $\beta = 0$  ( $P < 0.05$ ).

Las pendientes de las ecuaciones de todas las dietas en las dos condiciones, no difieren estadísticamente, así como los interseccos de las tres dietas en la condición alimentadas con una  $F 0.05(2), 2, 11$  para la pendiente y  $F 0.05(2), 2, 13$  para el intersecco. Sólo se encontró diferencia según el ANDEVA para interseccos entre las dietas de la condición ayunas, lo cual nos conduce otra vez a la homogeneidad de las actividades metabólicas y eficiencias entre lotes de peces con las distintas variables usadas en este estudio.

Las Figuras 8, 9, 10, 11, 12 y 13 ( $\bar{Y} \pm 1 \cdot S. 95\%$ ), muestran en forma esquemática las relaciones entre la tasa metabólica y el peso seco corporal de las crías en las condiciones de ayunas y recién alimentadas de las dietas 1, 2 y 3 respectivamente. Estas figuras se obtuvieron de las ecuaciones del Cuadro 10.

Se aprecia que la tasa metabólica aumenta al aumentar el peso del pez, y que la respuesta se hace mas variable con dicho aumento del peso, esta variabilidad se acrecenta en la condición alimentadas; el cinturón de confianza, se angosta al máximo al cruzarse las tres curvas en el mismo punto, es decir, cuando el pez tiene cerca de 1 g. de peso seco, peso que cae en el promedio general de este estudio: 5g. peso húmedo  $\pm$  1 g. de peso seco en todas las dietas, siendo la tasa respiratoria similar en todas las condiciones probadas, tiene un rango de 0.3-0.4 mg.O<sub>2</sub>/gr./hora.

#### 5.6. - EXCRECION NITROGENICA

Los valores del Cuadro 11 presentan la influencia de la dieta en la excreción de nitrógeno en crías de trucha arco iris, en condiciones de ayunas y alimentadas, con dos periodos de medición.

TASA METABOLICA DE KUTINA ( VO<sub>2</sub> )

ALIMENTACION

DIETA UNO

( r = 0.99 )

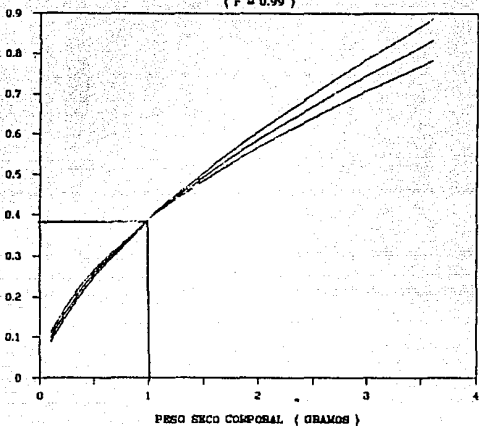


FIGURA 8: RELACION ENTRE LA RESPIRACION Y EL PESO SECO DEL PEZ.

TASA METABOLICA DE KUTINA ( VO<sub>2</sub> )

ALIMENTACION

DIETA UNO

( r = 0.99 )

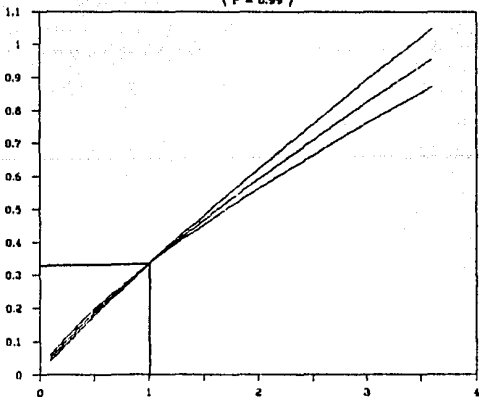


FIGURA 9: RELACION ENTRE PESO SECO CORPORAL ( GRAMOS ) LA RESPIRACION Y EL PESO SECO DEL PEZ.

## DIETA DOS

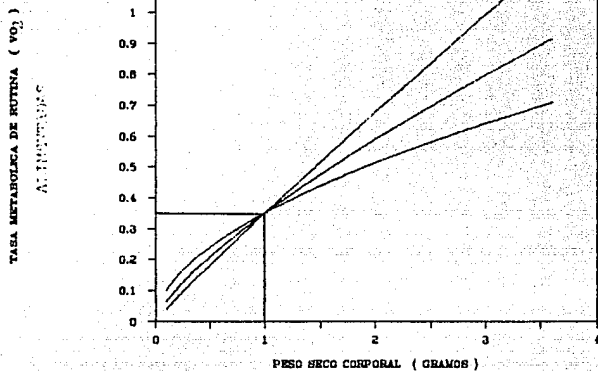
 $(r = 0.96)$ 

FIGURA 10: RELACION ENTRE LA RESPIRACION Y EL PESO SECO DEL RIZ.

## DIETA DOS

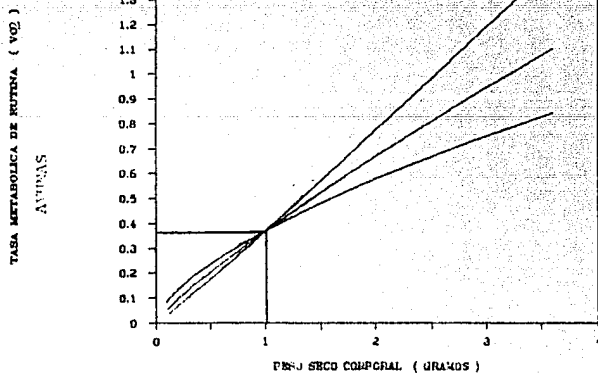
 $(r = 0.90)$ 

FIGURA 11: RELACION ENTRE LA RESPIRACION Y EL PESO SECO DEL RIZ.

TASA METABOLICA DE RUTINA ( VO<sub>2</sub> )  
ALIMENTARIAS

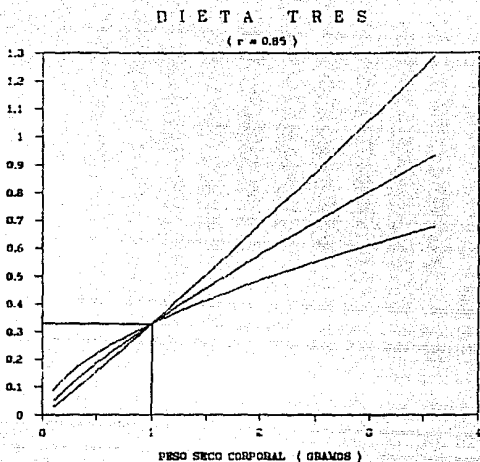


FIGURA 12: RELACION ENTRE LA RESPIRACION Y EL PESO SECO DEL PEZ.

TASA METABOLICA DE RUTINA ( VO<sub>2</sub> )  
AVICULAS

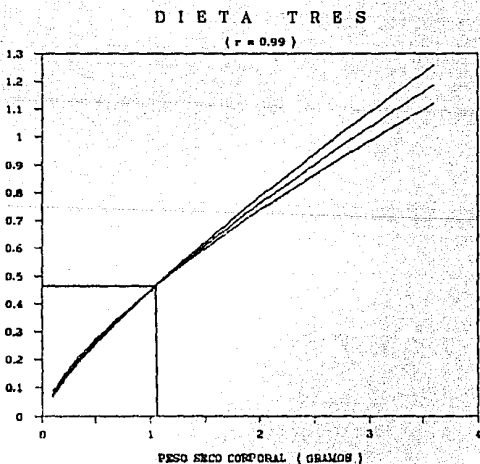


FIGURA 13: RELACION ENTRE LA RESPIRACION Y EL PESO SECO DEL PEZ.



C U A D R O                      1 1

INFLUENCIA DE LA DIETA EN LA EXCRECION DE NITROGENO

(  $\mu\text{g N} - \text{N H} / \text{g. Hr.}^{-1}$  ) EN CRIAS DE TRUCHA ARCO IRIS  
Salmo gairdneri (  $\bar{X} \pm \text{I.C. 95 \%}$  ), ( R : rango ).

CONDICION PESO		EXCRECION DE NITROGENO ( $\mu\text{g N-NH} / \text{H.}$ )				
Y	HUMEDO	H: 12	14	17	19	
DIETA	(g.)	EJEMPLAR	g. P.H.	EJEMPLAR	g. P.H.	
A	BA- LAN- CEA. R:2.7-17.4	8.6 $\pm$ 2.6	55.5 $\pm$ 11.0	8.2 $\pm$ 2.2	35.7 $\pm$ 8.2	5.2 $\pm$ 1.8
U	MEZ- CLA- DA. R:5.0-15.6	9.1 $\pm$ 1.6	70.7 $\pm$ 7.2	8.35 $\pm$ 0.7	43.3 $\pm$ 2.8	5.3 $\pm$ 0.7
A	NA- TU- RAL R:2.4-7.8	4.6 $\pm$ 0.8	46.1 $\pm$ 18.7	10.4 $\pm$ 3.1	36.5 $\pm$ 5.5	7.8 $\pm$ 0.5
LAPSOS	DE MEDICION	12	14	15	17	
A	BA- LAN- I CEA. R:3.3-21.2	11.3 $\pm$ 2.9	59.2 $\pm$ 8.6	6.7 $\pm$ 1.9	46.0 $\pm$ 6.8	5.7 $\pm$ 1.6
E	MEZ- CLA- DA. R:3.5-13.5	8.3 $\pm$ 1.5	49.9 $\pm$ 5.8	6.4 $\pm$ 0.5	48.1 $\pm$ 2.2	6.9 $\pm$ 6.5
A	NA- TU- RAL R:2.4-4.5	3.4 $\pm$ 0.3	27.5 $\pm$ 4.2	7.8 $\pm$ 0.6	32.9 $\pm$ 3.4	9.6 $\pm$ 0.6

Estos resultados indican que para la primera medición, las truchas en la condición de ayunas en todas las dietas, presentaron tasas de excreción superiores a las alimentadas (  $\approx 20\%$  ) sin embargo, en la segunda medición, los valores más altos, se localizaron en la condición alimentadas.

La excreción de las truchas alimentadas supera las no alimentadas en un 9%, 23% y 19% en las dietas 1, 2 y 3 respectivamente; además, no fue posible establecer diferencias significativas entre la dieta balanceada y la mezcla (  $P > 0,05$  ), mientras que los especímenes de la dieta natural tuvieron valores de excreción 10% superior para la condición ayunas que en la alimentada. Los especímenes de la dieta natural eran de talla inferior a los especímenes de las dietas restantes en 35 % .

La pérdida por excreción en las crías de la dieta natural, fue 1,7 y 1,3 veces mayor con respecto a la excreción de las crías de la dieta balanceada y mezclada respectivamente.

La relación lípido : proteína de las dietas fue para la dieta balanceada 1:8 ; para la mezcla 1:6 y, para la natural 1:4.

El Cuadro 12 muestra la relación matemática entre la excreción nitrogenosa y el peso seco corporal de las crías de trucha alimentadas con tres distintas dietas.

En este Cuadro se observa que la actividad excretoria es similar en todos los casos excepto en la dieta balanceada condición ayunas, siendo inferior en un 35%; mientras que los exponentes fluctúan notablemente entre las dietas y condiciones.

La condición alimentadas presentó la mayor variabilidad de los datos, lo que se refleja en el intervalo de confianza de la respuesta, siendo éste siempre mayor que el de la condición ayunas en su respectiva dieta. Sin embargo, en todos los casos, los coeficientes de determinación estuvieron por encima del 70 %.

Como consecuencia de la dispersión de los datos, se aceptaron las hipótesis de  $\beta = 0$  según el ANDEVA, lo que explica que Y tiene poca o nula dependencia de X; únicamente en el caso de la condición ayunas del alimento mezclado y la condición alimentadas del alimento natural, se acepta la dependencia de Y respecto a X.

En las Figuras 14, 15, 16, 17, 18, y 19 (  $Y \pm I.C. 95\%$  ) se observa la relación entre la excreción de nitrógeno y el peso seco corporal de las crías en las condiciones de ayunas

C U A D R O      1 2

RELACIONES ENTRE LA EXCRECION DE NITROGENO Y EL PESO SECO CORPORAL DE CRIAS DE TRUCHA ARCO IRIS CON TRES DIETAS DIVERSAS Y DOS CONDICIONES : AYUNAS Y ALIMENTADAS.

(  $\mu\text{g. / g. Ps. X Hr.}^{-1}$  ).

TIPO DE DIETA	CONDICION	n	E N = K P c $\alpha + I.C. 95\%$			r
ALIMENTO	ALIMENTADAS	5	Y = 44.4984	X	0.1966 $\pm$ 0.0243	0.86
BA-LAN-CEADO.	AYUNAS	5	Y = 26.4560	X	0.5074 $\pm$ 0.2418	0.71
ALIMENTO	ALIMENTADAS	6	Y = 41.1979	X	0.2986 $\pm$ 0.0830	0.93
MEZ-CLA-DO.	AYUNAS	6	Y = 43.2529	X	0.3969 $\pm$ 0.0836	0.89
ALIMENTO	ALIMENTADAS	6	Y = 42.5896	X	1.2302 $\pm$ 0.1450	0.97
NA-TU-RAL.	AYUNAS	6	Y = 42.0800	X	0.7082 $\pm$ 0.3803	0.8

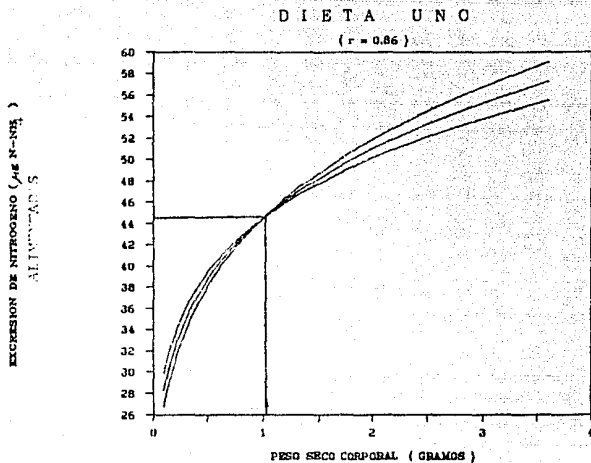


FIGURA 14: RELACION ENTRE LA EXCESION Y EL PESO SECO DEL PEZ.

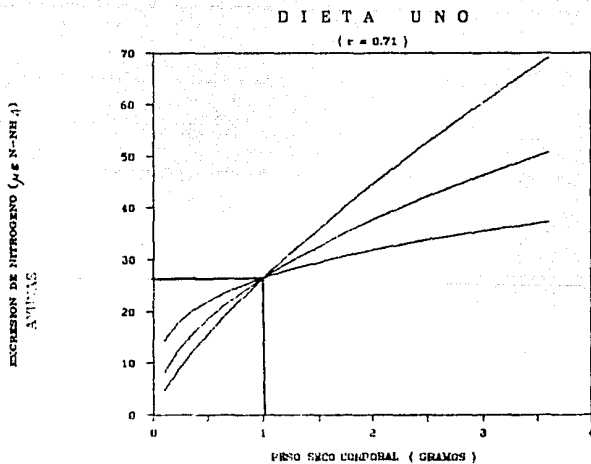


FIGURA 15: RELACION ENTRE LA EXCESION Y EL PESO SECO DEL PEZ.

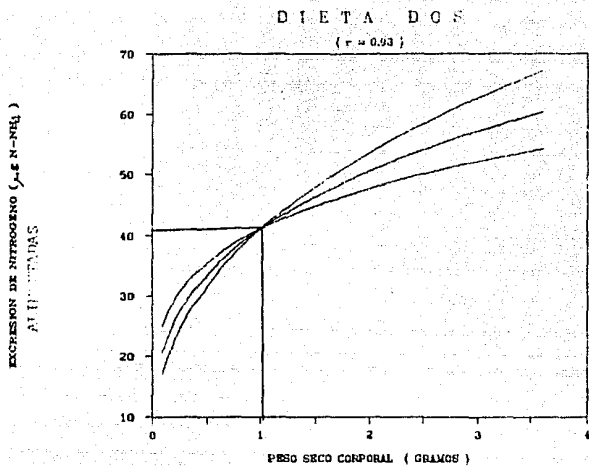


FIGURA 16: RELACION ENTRE LA EXCRECION Y EL PESO SECO DEL REZ.

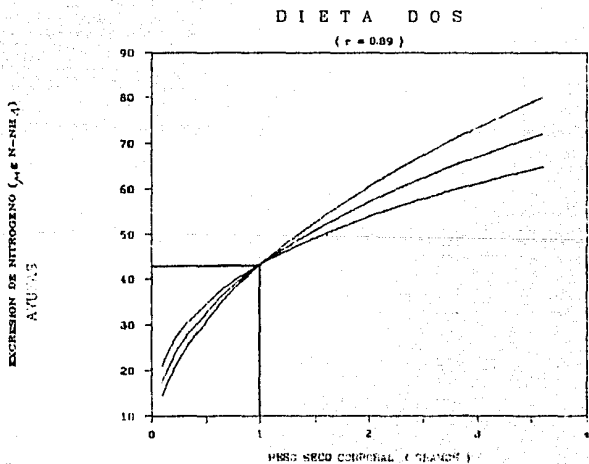


FIGURA 17: RELACION ENTRE LA EXCRECION Y EL PESO SECO DEL REZ.

### DIETA TRES

( $r = 0.97$ )

EXCESION DE NITROGENO ( $\mu\text{g N-NH}_4$ )

ALIMENTARIAS

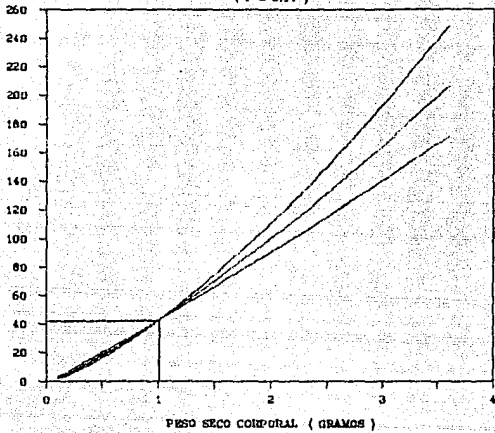


FIGURA 18: RELACION ENTRE LA EXCESION Y EL PESO SECO DEL PERA.

### DIETA TRES

( $r = 0.87$ )

EXCESION DE NITROGENO ( $\mu\text{g N-NH}_4$ )

AVINAS

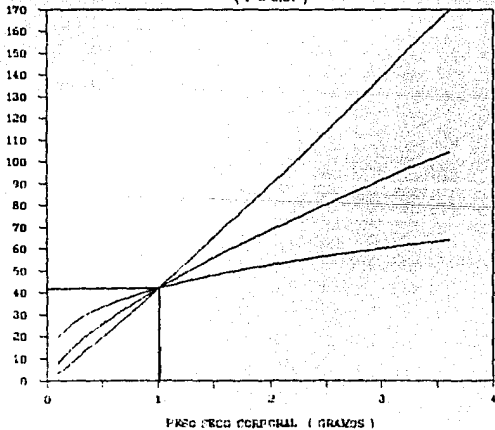


FIGURA 19: RELACION ENTRE LA EXCESION Y EL PESO SECO DEL PERA.

y alimentadas para la dieta balanceada, mezclada y natural respectivamente.

Se observa que al aumentar el peso del organismo aumenta su excreción de nitrógeno y la variabilidad se hace mayor, teniendo esta última valores más altos en la condición no alimentadas. En términos generales se advierte, que la excreción nitrogenada se eleva rápidamente en organismos de tallas pequeñas, llegando a una asíntota "fábrica" a pesos mayores. En todos los casos el cinturón de confianza, se angosta en el punto donde se cruzan las tres curvas, lo que corresponde aproximadamente a 1g. de peso seco, siendo éste el valor promedio general de los individuos estudiados (ver Cuadro 11), y tienen un rango de excreción entre: 40-60  $\mu\text{gN-NH}_4$  por gramo por hora, excepto la condición ayunas de la dieta balanceada, que excretó 45% menos.

### 5.7.- SINTESIS DE LOS PARAMETROS FISIOLOGICOS

En el Cuadro 13 se presentan los valores de la tasa metabólica de rutina y excreción nitrogenada a partir de un organismo de peso clase, que para este estudio correspondió a 5 g. de peso húmedo. Asimismo, se observan las diferencias que hubo entre las condiciones de ayunas y alimentadas.

Se advierte que el organismo clase, consume mayor cantidad de Energía por día para el metabolismo de rutina en la dieta natural condición ayunas, respecto a las otras dos dietas; sin embargo, este efecto es inverso en la condición alimentadas, teniendo en este caso, el valor más bajo, de tal forma que la dieta balanceada alcanza el nivel más elevado; por su parte, el pez de la dieta mezclada presenta un consumo promedio en ambas condiciones.

Respecto a la Excreción Nitrogenada del organismo clase por día, todos los valores registrados son similares.

### 5.8.- EFICIENCIAS EN LA ASIMILACION

El Cuadro 14 presenta las eficiencias en la asimilación del alimento, expresadas como porcentajes; se comparan a la vez las eficiencias brutas, netas y asimilación por el método I.B.P.

Las asimilaciones obtenidas en este estudio, se aprecian en el Cuadro 14. Se observa que la dieta balanceada superó a las otras dos dietas de acuerdo a la asimilación por el método I.B.P. en 6.5 % y 22.16 % para las dietas mezclada y natural respectivamente. La dieta mezclada fue superior en un 15.16 % con respecto a la dieta natural. Por lo tanto, las dietas uno y dos, son estadísticamente similares, y ambas presentan diferencias estadísticas con respecto a la dieta tres.

CUADRO 13

TASA METABOLICA DE RUTINA  
Y EXCRECION DE NITROGENO  
A PARTIR DE UN ORGANISMO DE 5G. DE  
PESO HUMEDO ( Salmo gairdneri )

CONDICION	TIPO DE DIETA		
	BALANCEADA	MEZCLA	NATURAL
PESO SECO	1.1	1.08	1.08
A YUNAS	CONSUMO	DE	OXIGENO
(mg.O2/ ej / DIA )	8.60	9.48	11.43
* (cal./ej / DIA )	28.20	30.82	37.17
ALIMENTADAS	CONSUMO	DE	OXIGENO
(mg.O2/ ej / DIA )	9.87	8.90	8.3
** (cal./ej / DIA )	32.01	29.06	27.23
A YUNAS	EXCRECION	NITROGENADA	
(mg.N-NH4/ej/DIA)	0.67	1.07	1.07
** (cal./ej / DIA )	0.41	0.66	0.66
ALIMENTADAS	EXCRECION	NITROGENADA	
(mg.N-NH4/ej/DIA)	1.09	1.01	1.12
** (cal./ej / DIA )	0.68	0.63	0.69

\* Q ox : 3.25 Cal/mg. ( Brett & Groves, 1979 ).  
\*\* Q ex : 0.62 Cal/mg. ( Elliott & Davison, 1975 ).



CUADRO 14EFICIENCIAS EN LA ASIMILACION  
DEL ALIMENTO ( % )( K<sub>2</sub> : EFICIENCIA NETA; K<sub>1</sub> : EFICIENCIA BRUTA; I.B.P. :

ASIMILACION POR EL METODO DEL PROGRAMA BIOLOGICO INTERNACIONAL )

TIPO DE DIETA	K 1	K 2	ASIMILACION ( I.B.P. )
BALANCEADA	12.6	18.0	47.56
MEZCLA	15.5	19.4	44.43
NATURAL	12.8	16.7	37.02

Las eficiencias netas (  $K_1$  ) obtenidas son las siguientes: 18.0%, 19.4% y 16.7% en las dietas balanceada, mezclada y natural respectivamente; no se encuentran diferencias significativas entre estos valores.

Se observa que la dieta mezclada tuvo el valor mas alto de eficiencia bruta 15.5 %, mientras que las otras dos dietas estuvieron en eficiencias similares: 12.5 % y 12.8 % para la balanceada y la natural respectivamente; se encontró que la diferencia entre el valor mas alto y el minimo fue de 18.7 por ciento.

#### 5.9.- ECUACION DEL BALANCE DE ENERGIA

El Cuadro 15 presenta los valores de la ecuación del balance energético para un pez de peso clase ( 5 g. peso húmedo ), transformados en calorías.

Se advierte en el Cuadro 15, que la cantidad de Energía que el organismo promedio requiere consumir para su crecimiento, es similar en los tres casos estudiados; sólo es ligeramente menor la cantidad de energía que requieren las crías de la dieta mezclada con respecto a la dieta natural, que tuvo el valor mas alto: 5 %.

Donde se registró la máxima pérdida de energía, fue en las heces, cuyos valores fueron 11481.80 cal., 7860.70 cal. y 7808.50 cal. para las dietas uno, dos y tres respectivamente. Estos valores se corrigieron, ya que la cantidad de cenizas que presentaban las muestras al introducir las en la bomba calorimétrica eran superiores al 10 %.

La cantidad de cenizas en la heces fue de 41.8%, 59.98% y 64.02 en las dietas uno, dos y tres respectivamente, lo cual indica que la pérdida total de materia orgánica que debiera haberse digerido es aproximadamente 40 % en las dietas mezclada y natural y 60% en la dieta balanceada.

Los valores de energía utilizados para el crecimiento, son: 28.5, 36.0 y 33.4 para las dietas balanceada, mezcla y natural respectivamente.

Las Figuras 20, 21, 22 y 23 muestran el balance de energía de las crías de trucha arco iris alimentadas con las dieta comercial, mezclada y natural respectivamente. Mientras que el diagrama 6, compara el balance de energía de las crías con respecto a las dietas probadas en este estudio.

En estos Figuras, se considera el 100 % al Consumo ( alimento ingerido ), los valores graficados corresponden a los datos de las ecuaciones del Balance de Energía para cada dieta ( Cuadro 15 ), transformados a porcentajes.

CUADRO      15

BALANCE ENERGETICO PARA UN  
PEZ DE PESO PROMEDIO GENERAL  
5G. PESO HUMEDO ( CALORIAS )  
( VALORES CORREGIDOS - I.B.P. - )

TIPO DE DIETA	PESO SECO (g.)	ELEMENTOS DE LA ECUACION				
		C	P	R	F	U
BALANCEADA	1.1	16118.1	4604.33	32.0	11481.8	0.68
MEZCLADA	1.08	12325.8	4436.20	29.1	7860.7	0.63
NATURAL	1.08	11769.2	3933.35	27.3	7808.5	0.69

DIAGRAMA DEL BALANCE DE ENERGIA  
ALIMENTO PALANCRADO

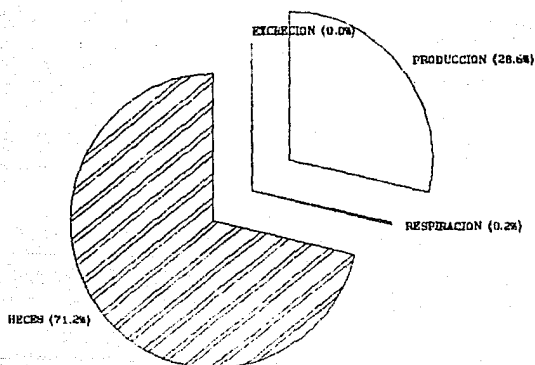


FIGURA 20: DIAGRAMA DEL BALANCE DE ENERGIA DE LA DIETA PALANCRADA.

DIAGRAMA DEL BALANCE DE ENERGIA  
ALIMENTO MEZCLADO

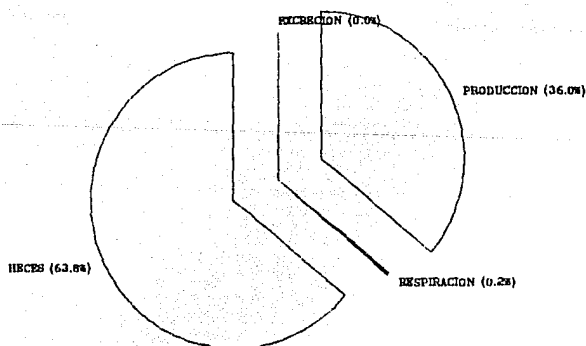


FIGURA 21: DIAGRAMA DEL BALANCE DE ENERGIA DE LA DIETA MEZCLADA.

DIAGRAMA DEL BALANCE DE ENERGIA  
ALIMENTO NATURAL

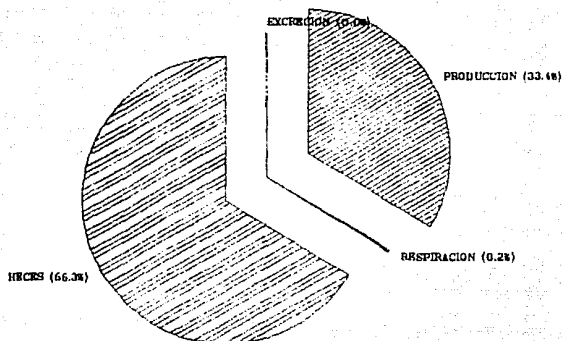


FIGURA 22: DIAGRAMA DEL BALANCE DE ENERGIA DE LA DIETA NATURAL.

DIAGRAMA DEL BALANCE DE ENERGIA

COMPARACION ENTRE LAS TRES DIETAS

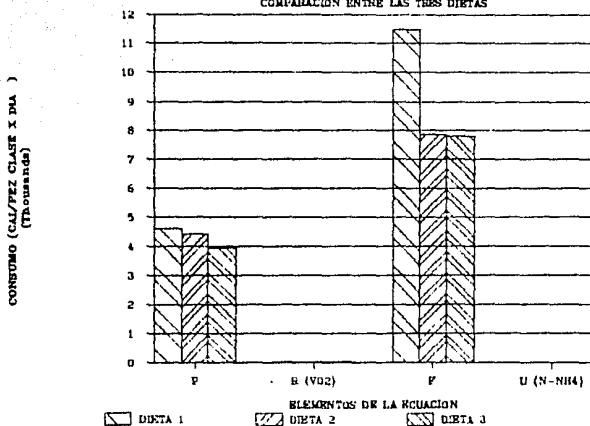


FIGURA 23: DIAGRAMA COMPARATIVO DEL BALANCE DE ENERGIA.

## 6.- DISCUSION

### 6.1.- CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua para el cultivo de organismos acuáticos es de vital importancia, ya que si los niveles de los diversos factores físico-químico no son los óptimos o no se encuentran en el rango adecuado para el cultivo intensivo, los peces estarán en situación de "estrés" con el consiguiente debilitamiento del organismo, predisponiéndolo a ser atacado por patógenos; canalizando la energía para el crecimiento en otras funciones como mantenimiento; tendrán baja conversión alimenticia, anorexia e incluso la muerte si las malas condiciones prevalecieran por un tiempo prolongado, todo lo anterior nos lleva a una baja producción (Anónimo, 1989).

Como se pudo apreciar en el Cuadro 4, algunos de los datos de la calidad de agua del Zarco quedan dentro de los rangos establecidos como adecuados para la Truiticultura, excepto el de Dureza, pH y CO<sub>2</sub>.

Se entiende por Dureza la medida de cationes de Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> principalmente, los efectos de otros son negligibles, mientras que el Na<sup>+</sup> y el K<sup>+</sup> no se consideran por sus altas concentraciones, así como el Cu<sup>++</sup>, Zn<sup>++</sup> y Fe<sup>++</sup> se descartan por encontrarse en trazas, (Spotte, 1970). Sin embargo, este valor bajo no es alarmante porque se encuentra en un sistema en equilibrio, ya que presenta valores parecidos al de Alcalinidad Total. Boyd (1979) señala que para fines de acuicultura el agua requiere pequeñas cantidades de Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, siendo éstas mínimas de 20mg/L, a estas aguas se las conoce como "Blandas".

El valor de pH indica la concentración de iones Hidrógeno, resultando de los cambios de Alcalinidad (Concentración de Carbonato y Bicarbonato de Calcio) y su relación con el CO<sub>2</sub>, (Spotte, 1970). No se considerará inapropiado el pH obtenido en el Zarco, ya que los valores letales para los peces están por debajo de 4.4 y arriba de 11.0, la baja en la producción acaece cuando los valores son menores de 6.5 y mayores de 9.5 (Arredondo, inédito, citado por Angeles, 1986), por lo que el valor obtenido está en el límite inferior del rango para no ser letal. Por otro lado, los valores del pH están asociados con las concentraciones de CO<sub>2</sub>, que en este caso, debido a la gran oxigenación que se le da al agua es baja, por lo que hay un equilibrio en el llamado "Sistema del CO<sub>2</sub>", que comprende la Alcalinidad, Dureza, CO<sub>2</sub> y pH (Spotte, 1970).

Los factores que llaman más la atención son el Oxígeno disuelto y la Temperatura, ambos en niveles por debajo del óptimo e íntimamente relacionados en forma inversa, es decir, al aumentar la temperatura del agua, disminuye la capacidad de ésta para captar oxígeno disuelto (Merck, 1989). Estos valores se deben primordialmente a la altitud del Centro (3100msnm) y a la fuente del agua (Manantial), ya que la saturación de O<sub>2</sub>d. en estas condiciones es de 7.39 mg/L a 10.8°C (APHA, 1971).

Cuando el nivel de O<sub>2</sub>d. es bajo, causa un efecto inhibitorio en el crecimiento denominado: "Dependencia Respiratoria" o "Nivel Crítico de Oxígeno", este nivel crítico varía de acuerdo a la talla, peso y especie del pez, para Salmónidos se acepta generalmente de 5-7ppm. (Halver, 1972). Tomando en cuenta que después de alimentar un pez aumenta su tasa metabólica y la demanda de oxígeno, cuando terminaba el tiempo de alimentación en este estudio, se le elevaba el flujo de agua a la tina, evitando así niveles letales de O<sub>2</sub>.

En cuanto a la baja temperatura, además de la importancia que tiene en el sistema acuático, define la tasa de crecimiento del pez, ya que éste por ser poiquilotermo regula su actividad metabólica acorde con la Temperatura Ambiental Estándar (TAE); por cada grado Celsius debajo de la TAE óptima el crecimiento disminuye un 9% (Klontz, *et al.* 1979), por lo que en el caso del Zarco, el crecimiento de las crías está en el límite inferior y para llevarlas a la talla de 5 cm. está debajo por 27% del rango inferior estipulado por Reay (1979) que es de 15-19°C. Lo anterior se constata, porque en el Zarco las crías tardan aproximadamente un año en alcanzar la talla de venta (250 g.), mientras que en las piscifactorías de "engorda", que tienen una temperatura superior a los 15°C., el crecimiento a talla comercial es de 7 a 8 meses (Com. pers. de piscicultores de varias granjas en el Estado de México).

## 6.2.- CRECIMIENTO

La forma más directa de medir el crecimiento en peces es pesando los ejemplares periódicamente, ya que el peso es el criterio principal para la cosecha en piscicultura comercial. Durante este estudio, el crecimiento de las crías fue distinto para cada tipo de dieta (Cuadro 5). Se considera que una causa que pudo haber ocasionado el alto crecimiento de algunas crías en la dieta uno fue la baja densidad debido a la alta mortalidad que se presentó en los primeros meses del ensayo, esta mortalidad tiene como causa más probable la dieta, ya que el alimento balanceado ocasionaba la mortalidad de crías muy pequeñas, evento que ocurría como patrón general

en el Jarco, posteriormente a estas etapas, la sobrevivencia se elevaba, llegando a ser casi del 100 %. Debido a lo anterior, los peces de la dieta uno, tenían menos competencia por el alimento y mayor espacio que los de las dietas dos y tres, evitando de esta forma la tensión por sobrepoblación.

Burrows (1972) menciona que los peces menores de 5 g. son muy susceptibles a las altas densidades debido principalmente a las limitantes que impone el oxígeno disponible, el nivel de oxígeno a su vez disminuye por dos razones: "respiración" y altos niveles de desechos principalmente metabólicos y de alimento que se oxidan en el agua, producidos por "estrés" de confinamiento. Por otro lado, este "factor espacial" afecta la producción al disminuir el crecimiento debido a una pobre utilización del alimento (Burrows, 1972); esto último es lo que se observó en el lote de la dieta tres, pasando al estado denominado por Mazeaud, Mazeaud y Donaldson (1977) "Síndrome general de adaptación de Selye", es decir, cansancio por hipoxia, lo cual provoca un alto nivel de adrenalina terminando en el "estrés".

Finalmente, la variabilidad del lote uno se puede deber a las diferencias en la ingesta del alimento, porque, al haber menor número de peces, los más voraces consumen mayores cantidades de alimento, a lo anterior, se le puede sumar el efecto de la calidad de la dieta, y de la baja densidad, evitando de esta forma competencia por el alimento y tensiones por una caída brusca en los niveles de oxígeno, de tal forma que los peces más activos podían comer más gastando menos energía en la búsqueda de alimento, y canalizar una mayor proporción de la Energía Ingerida para el crecimiento (Paloheimo & Dickie, 1966 a, b.); en estas tinas como no era necesario aumentar el flujo para oxigenar más el agua, la fuerza de la corriente era menor que en la dieta dos y tres, por tanto, la velocidad de nado era también menor y se conoce por los trabajos de Beamish, Howlet y Medland (1989) que en la velocidad prolongada de nado (al menos 24 Hrs.) se utiliza energía del metabolismo aeróbico, el incremento en la tasa respiratoria, requiere energía que proviene principalmente de carbohidratos no importando el tipo de dieta, si éstas son isocalóricas y presentan similar composición de proteínas y lípidos.

Este concepto se puede aplicar en parto, a los datos de este estudio, ya que las dietas usadas tienen valores similares de Lípidos y Proteínas (Cuadro 3) para la dieta mezclada y natural respectivamente, que son las que nos ocupan en este momento, sin embargo, las velocidades de nado de este estudio no se determinaron, pero por los flujos que se manejaron (6 - 8 L./min.), así como los tiempos de máxima velocidad sostenida, que en este estudio fue de 10 min. se infiere que fueron inferiores a las utilizadas por Beamish et al (1989).



En el Cuadro 3 se muestra la composición química proximal de las dietas utilizadas, mismas que al compararse con la literatura establecida por la FAO para el cultivo de trucha arco iris, quedaron dentro de los rangos aceptados como favorables para la truiticultura (New, 1967; SEPESCA, 1988).

### 6.3.-INDICES MORFOMETRICOS Y COMPOSICION DEL TEJIDO

Los peces durante su crecimiento pasan por varios estados, donde cada uno de éstos pueden tener su propia relación peso-longitud, de esta manera, cada periodo de vida del pez es de carácter particular, encontrándose el máximo crecimiento lineal poco antes de la madurez, y crecimiento exponencial en la etapa de juvenil, por lo que el crecimiento está estrechamente relacionado con la calidad del alimento (Nikolsky, 1963; Angeles, 1986).

Angeles (1986) cita que Hopher y Pruginin (1968), encontraron que los factores que mayor influencia tienen en el crecimiento del pez son los relacionados con el pez mismo (endógenos) debido a sus características genéticas y estado fisiológico (Salud, Madurez sexual, etc...), y de los relacionados con el medio, los más relevantes son: temperatura del agua, composición química de la misma, nivel de metabolitos y Alimento disponible. Si estos factores se encuentran dentro de los niveles óptimos, los peces en cultivo alcanzarán su máximo potencial de crecimiento.

La relación peso-longitud de las crías de trucha utilizadas en este estudio fue del tipo isométrico (Cuadro 6), tomando en cuenta el criterio establecido por Nikolsky (1963) y Richer (1971), quienes señalan que cuando en esta relación la pendiente gira al rededor de 3.0 el crecimiento es de este tipo; Angeles (1986), encontró un crecimiento parecido en la carpa de Israel (*Cyprinus carpio specularis*), reporta a la vez, que el crecimiento isométrico es el más común en los peces.

Aunque Thorpe y Morgan *et al* (1980) señalan que hay dos picos marcados para el crecimiento de longitud de salmones de la etapa "parva" a "smolt" es decir de cría hasta el umbral de los juveniles, y sus ideas fueron expandidas por el trabajo de Skilbrei (1989), en este estudio no se localizaron (ver Figura 2) debido a que la temperatura durante todo el año es constante, y se trabajó en un sistema de cultivo intensivo, sin el uso de fertilizantes para el agua, lo cual propicia en algunas especies, como carpas, el crecimiento bimodal de primavera y otoño (Angeles, 1986).

Phillips, Donald, Livingston y Dumas (1960) afirmaron que el efecto de la composición química del alimento se ve

reflejada en la eficiencia y la composición química proximal del tejido corporal del pez ( ver Cuadros 6 y 7), sin embargo, el dato de la cantidad de proteína asimilada puede variar con la temperatura, decreciendo al aumentar la temperatura del agua, mientras que el contenido del agua en el cuerpo aumenta con el incremento de la temperatura. Otro factor que altera la composición corporal, es el grado de ayunas o alimentación que tenga el organismo.

Los datos obtenidos durante estos ensayos, demuestran que se cumple la teoría propuesta por Phillips *et al* (1960), excepto para los niveles de lípidos, ya que la dieta natural presenta el valor lipídico más alto, mientras que su composición corporal tiene el porcentaje de lípidos más bajo respecto a las otras dietas. Por otro lado, la dieta natural tiene también un ligero incremento del nivel proteínico sobre los otros lotes de peces, aunque en la composición del alimento, estos niveles sean casi iguales.

De esta forma, se pueden adoptar los postulados de Steffens (1977), quien afirma que es posible tener un crecimiento óptimo aunque se reduzca el nivel de proteínas, si es que se aumenta el nivel de lípidos, siempre y cuando éstos sean de buena calidad y se balancee en base a éstos la dieta, por tanto, la energía para el crecimiento se obtiene de oxidar los ácidos grasos en lugar de proteínas. También se sabe que el contenido de lípidos en el cuerpo aumenta con la edad de los peces cuando éstos han sido alimentados intensivamente en un nivel óptimo de raciones al día que para la trucha arco iris, es de 2 con una dieta adecuadamente balanceada (Grayton & Beamish, 1977), el incremento lipídico no debe exceder el 5%, siendo un factor importante para cuantificar la condición del pez debido a que la cantidad de grasa en el tejido debe mantenerse constante, sobre todo en crías y juveniles, ya que lo que ganan con la edad lo queman para crecer (Groves, 1970).

Los ácidos grasos indispensables para la trucha son los ácidos linoleicos de la serie 18:3w3 y en menor escala de la serie 18:2w6 ( Lea y Sinnhuber, 1972; Anónimo, 1981 ) de los cuales contienen en altas cantidades los organismos de agua dulce (Tacon, 1987), como las *Daphnia* spp. son dulceacuícolas y forman parte del alimento natural de las crías de trucha arco iris. Le deben suministrar al organismo los niveles adecuados de lípidos para una óptima utilización de la energía para el crecimiento, y buen estado de salud del pez (Rodríguez, 1975), incrementando la cantidad de proteína en el tejido y manteniendo valores ligeramente superiores de lípidos en el cuerpo con respecto al que contiene la dieta.

Por otra parte, la dieta balanceada elevó demasiado el contenido de grasas en el pez; tomando en cuenta lo anterior, un aumento considerable de grasa corporal, trae consecuencias graves en el cultivo, porque provoca en los organismos infiltraciones lipídicas en el hígado siendo ésta la viscera

principal donde se alberga el exceso de grasas, y posteriormente en la carne, lo cual hace parecer que hay una relación lineal entre el porcentaje de lípidos en todo el cuerpo respecto a la cantidad ingerida de éstos, siendo esta desigual distribución de ácidos grasos en el organismo, lo que le ocasiona la muerte, debido a que provoca, entre otras cosas, altas concentraciones de colesterol en la sangre (Lio, Waagbo y Sandnes, 1988; Tacon, 1985). Estos malestares provienen del exceso de grasa animal (vacuna) endurecida en el "paletizado" (Anónimo, 1975).

En la dieta mezclada, se combinan las bondades lipido-proteínicas de la dieta natural, con las bondades de menor costo de la dieta balanceada, sin que esta última perjudique al pez por su proceso de encapsulado, ya que no se usa diario.

**6.4. - FACTOR DE CONDICION, SOBREVIVENCIA Y PRODUCCION**

En el caso de este estudio, el factor de condición tan elevado de la dieta balanceada (consultar Cuadro B), se debe a un estado de gordura de los animales, ocasionado por exceso de lípidos en sus tejidos, lo cual trajo como consecuencia una alta mortalidad, pero también una alta tasa de crecimiento, con su correspondiente mediana productividad, lo cual no se debe toda a proteína, sino a tejido adiposo. En el lado opuesto, se encuentra la dieta natural, con un factor de condición bajo, que denota estado de flacura en los organismos, sin embargo, no hay síntomas de desnutrición por lo balanceada de su dieta y alto contenido proteínico, lo cual confiere al lote la mayor cantidad de proteínas en el cuerpo, traduciéndose en la mayor sobrevivencia. En el mismo Cuadro B, se aprecia que la tasa instantánea de crecimiento de las crías de la dieta natural, es muy baja debido a la tensión por el espacio y mayor gasto energético para conseguir alimento, lo cual da como resultado la menor producción: 518.3 g. de casi puro tejido proteínico.

Finalmente, la dieta que mejor resultados dió fue la mezclada, en este caso, el factor de condición de los peces resultó intermedio en comparación con las dietas natural y balanceada, tal hecho se puede considerar si no el óptimo, sí muy cercano a él para estas condiciones probadas, puesto que conlleva una alta tasa de crecimiento instantáneo, la cual estadísticamente no difiere con la mayor, una alta sobrevivencia, similar a la mas alta de este estudio: 76%, y por último, la mayor producción 952.8 g. dejando muy atrás a las demás dietas, mas del 30%, ( Figuras 3, 4, 5, 6 y 7 ).

#### 6.5. -- TASA METABOLICA DE RUTINA

Los organismos se pueden considerar como sistemas abiertos, separados del medio por una barrera a través de la cual fluye la Energía que los mantiene vivos. En vista de que la Energía proviene del ambiente externo, éste juega un papel muy importante en el metabolismo (von Bertalanffy, 1950 citado por Fry, 1971).

Se pueden distinguir tres niveles de tasas metabólicas, denominadas Estándar, Rutina y Activa. La Estándar es la mínima tasa metabólica, su valor preferentemente se determina en actividad cero. La de Rutina, es la tasa promedio observada en un pez. La Activa, es la tasa máxima sostenida para los peces, como cuando nadan rápidamente. La diferencia entre la Estándar y la Activa se conoce como "Campo de actividad", correspondiendo a la Energía disponible para la actividad (Fry, 1971).

Las tasas metabólicas de los peces han sido medidas al determinar su consumo de oxígeno, aunque esto no implica que todos los peces sean aerobios, ya que Blazka (1958) y Mathur (1967) han encontrado peces en el Lago Tanganyika en condiciones completamente anaerobias (Fry, 1971).

La Energía utilizada por los peces para su crecimiento la obtienen a partir del alimento ingerido, estando las proteínas en el primer plano de asimilación (excepto la cutícula en el alimento natural), por tanto, si se detecta la cantidad excretada de nitrógeno amoniacal se puede tener un balance de la ración del alimento ingerido que fue metabolizable, para determinar posteriormente el "valor fisiológico" de la dieta (Brett & Groves, 1971).

Se entiende por metabolismo aerobio de rutina, al requerimiento energético para el mantenimiento y la actividad espontánea, cuando un pez se mueve libremente pero no está alimentado, esto no incluye, por tanto, los requerimientos energéticos para la digestión y asimilación.

La influencia de la alimentación en el metabolismo aerobio de crías de Trucha arco iris en la condición de ayunas y alimentadas, que se muestra en el Cuadro 9, se puede deber a la tensión que se produce en los peces al ser colocados en los respirómetros, puesto que además del manejo que se hace de ellos, se les restringe el espacio, y se suma el efecto de la no alimentación, Beamish (1974) menciona que se provoca una alteración metabólica al llegar el organismo al nivel de pre-alimentación y no encontrar alimento.

Se acepta con facilidad que la fisiología de un organismo no es exactamente igual de un día para otro, sino que este estado cambia continuamente por los factores ambientales; es por esto que los peces deben aclimatarse al

ser trasladados de un lugar a otro, antes de realizar las pruebas previstas ( Fry, 1971 ). De esta forma se sugiere aclimatar los peces por lo menos un mes en las condiciones deseadas, tiempo mas que suficiente según Hopher y colaboradores (1963), para evitar mediciones erróneas por la digestión y aceleración metabólica.

Se observó en el Cuadro 9, que no desciende mucho el valor del consumo de oxígeno entre las dos mediciones y las tres dietas, por lo cual, no se puede pensar que se ha llegado a la normalidad; si se toma como consumo normal para la trucha, el valor reportado por Beamish (1964c) de 0,045 mg / g x H. citado por Fry (1971) para la trucha de río Salvelinus fontinalis a 15°C y saturación de Oxígeno.

Estos valores del consumo de oxígeno, se pueden correlacionar con el ritmo circadiano diario en la fisiología animal; el cual ha sido observado desde 1727, cuando el Astrónomo De Mairan lo relacionó con los movimientos estelares y los periodos de luz y oscuridad, De Candolle en 1835 confirmó las hipótesis de De Mairan, llamándolos "Ciclos Diurnos", es en 1959 cuando Halberg et al acuñan el término "Circadiano" ( Schwassmann, 1971 ); sin embargo, no es sino hasta los trabajos de Richly y Marina cuando se pudieron cuantificar estos ritmos en los peces durante un ciclo de 24 h. tomando como base una respuesta fisiológica específica, como la excreción de Nitrógeno Amoniacal.

De esta forma, Richly y Marina en 1977, citan que Kaush (1968), al examinar el ritmo diario de la actividad y consumo de las carpas, encontró dos picos cada ciclo de 24 hrs., también explican la estrecha relación de la actividad metabólica con la excreción de nitrógeno, puesto que los puntos máximos se corresponden, siendo éstos, de las 14-16 hrs. y 22-24 hrs. En este ensayo la primera medición se realizó de 12-14 hrs. que corresponde al momento de máxima aceleración en la respiración, lo cual probablemente elevó los registros aquí obtenidos. La segunda medición se efectuó de las 17-19 hrs., justo cuando desciende la actividad circadiana, por lo que es difícil apreciar grandes variaciones del consumo de oxígeno en estos lapsos. No obstante lo anterior, hay que tener cuidado con las horas de los máximos en la tasa metabólica, porque estos varían con los factores ambientales de temperatura, fotoperiodo y época del año, ya que Beamish (1964) demostró la alteración positiva de estos elementos en el metabolismo de los peces, y Richly y Marina trabajaron a 14°C mientras que este estudio se realizó a temperatura promedio de 12°C.

Aunado a lo anterior, las diferencias encontradas en las tasas metabólicas registradas en el Cuadro 9, también se pueden deber al tipo de dieta suministrada, y al peso de los organismos empleados, ya que como reportan Job (1969a,b), Edwards, Finlanson & Steele (1972), Beamish (1974), Grayton & Beamish (1977) y B et al. Groves (1979) entre otros, se

encuentra un mayor consumo de oxígeno provocado por la ingestión de alimento, al aumentar el peso del organismo, a su vez, este pico es seguido por una pequeña disminución en la tasa metabólica asociada a una etapa de post-absorción, de ahí en adelante la actividad metabólica desciende gradualmente hasta alcanzar los niveles de pre-alimentación; este nivel máximo se encuentra según Halver (1972) en un rango de 1.0 - 3.5 h. después de comer.

La tasa metabólica varía con el peso y la edad del pez, siendo las crías más susceptibles a estos cambios, por lo que generalmente tienen tasas metabólicas más altas que los juveniles y adultos, pero a la vez, presentan una mejor asimilación que los organismos de mayor edad, acorde con Garking (1955a), Pandian (1967a) y Edwards *et al* (1972) están los resultados aquí obtenidos, puesto que muestran un mayor consumo de oxígeno en los organismos más pequeños, localizados en la dieta natural, manteniendo su elevada tasa metabólica por más tiempo que las dietas restantes, sólo decrece 3.8% entre las primeras 5-7 hrs. del experimento, cuando las demás tasa bajaron al menos un 15%; por otro lado, sería muy controversial hablar de que el mantenimiento de la tasa metabólica en la dieta tres se debe a una mayor asimilación, ya que en este estudio intervienen diversos factores que pueden alterar la eficiencia de asimilación, tales como los tiempos de medición de las tasas, la composición química proximal de las dietas ensavadas, las diferencias en la ingesta del alimento entre los organismos del mismo lote y entre las demás dietas, entre otros.

El hecho de que no sean tan notorias las diferencias respiratorias entre las dos condiciones, puede deberse al posible efecto de estrés en las crías no alimentadas, causada por los factores antes mencionados; aún más, probablemente el ritmo circadiano diario, hizo decrecer los valores de consumo de oxígeno principalmente en las crías alimentadas, debido a las horas en que se realizaron las mediciones, siendo poco perceptibles estas fluctuaciones en las crías mantenidas en ayunas (Richly y Marina, 1977).

El efecto de la Acción Dinámica Específica Aparente, no pudo ser detectado tal y como lo describe Beamish (1974) (el aumento en el consumo de oxígeno por parte del pez cuando éste acaba de alimentarse, como el resultado de la energía liberada en la digestión, transportación, absorción y deposición del material alimenticio), debido a que en este estudio, los especímenes permanecieron sin alimento poco más de un día, lo cual es un lapso breve para visualizar el efecto; ya que, los bajos requerimientos energéticos del pez, para su mantenimiento, lo capacitan para permanecer períodos muy largos en ayunas, sin mostrar deficiencias (Bratt & Groves, 1979). Sin embargo, aquí se detectó una elevación en la tasa respiratoria de los organismos de la dieta natural en ambas condiciones (ayunas y alimentadas), con respecto a las otras dos dietas, ocasionado probablemente, por un

ligero aumento en la absorción de proteínas, ya que como se vió en las composiciones del alimento ( Cuadro 3 ), las pulgas de agua contienen niveles ligeramente mas altos de proteína asimilable, a lo cual habria que restarle la proteína proveniente de cutícula, que es aproximadamente del 5 % de la total ( Pandian, 1967a), tomando en cuenta lo anterior, y que la desaminación de aminoácidos equivale al 30% de la producción de energía, dejando en un 20% atrás, al segundo productor de calor, que son los lípidos (Harper, 1961, citado por Beamish, 1964); los resultados aquí reportados se vieron influenciados por los niveles alimenticios de días previos a este ensayo.

Por último, los valores del oxígeno disuelto en el agua, que en términos generales son mas bajos en las crías alimentadas: 16% menos en dieta balanceada y 2% menos en la dieta mezclada, confirman los datos de menor actividad respiratoria en esta condición, ya que como lo estipula Job (1969b), para los organismos acuáticos que utilizan el oxígeno disuelto del agua para respirar, el nivel que ésta tenga de oxígeno, es un factor limitante para su respiración, crecimiento y otras actividades, en casos extremos, este factor es letal, causando en embriones deformaciones y restringiendo la capacidad de adaptación a las diferentes temperaturas, por último, restringe severamente a los peces la tasa metabólica, limitando su rango de actividad.

Aunque en el Zarco la cantidad de O<sub>2</sub> es baja (Cuadro 4 ), no altera ostensiblemente a los organismos, prueba de ello está en que los embriones, aún siendo el estado del pez mas susceptible a la calidad del agua, eclosionan a los 30 días aproximadamente, a una temperatura promedio de 12°C., aunque Latham y Just (1989), estipulen que el nivel de O<sub>2</sub> óptimo para la eclosión es de 9.7 mg/l así, los peces a 12°C. eclosionan en un mes y, al disminuir drásticamente este nivel en las últimas fases del desarrollo embrionario, es decir, días 26 y 27 a niveles casi letales de 6.5-7 mg/l, se estimulará la eclosión en unas horas debido a la falta de oxígeno que requiere el embrión, buscando una mayor concentración del gas fuera del cascarón; también mencionan que niveles menores de 7 mg/l, son letales para embriones antes del día 20 de desarrollo. Por su parte, Burrows (1972) indica que las truchas perecen a concentraciones inferiores de 5.5 ppm. en cultivos intensivos y una presión parcial de 760 mm. Hg, mientras que en este ensayo se alcanzaron valores de 2.8 ppm. sin que haya decesos, por lo que se puede pensar que las crías en el Zarco toleran mas tiempo en condiciones hipóxicas que en otros lugares, debido a la baja presión atmosférica (menos de 500 mm.Hg.) con la consiguiente reducción de la presión parcial de O<sub>2</sub> en esta y su largo periodo de aclimatación a estas condiciones; referente a este punto, Job (1969b), indica que a bajas presiones parciales de oxígeno en la atmósfera, se limita mucho la tasa respiratoria, siendo ésta, dependiente del peso del pez y de las condiciones osmóticas en que se encuentre, inclusive,

puede llegar a ser favorable en un organismo de peso medio para su especie y en condiciones isotónicas, que en el caso de la Tilapia mossambica es de 90 g. y 12% S., sugiere a su vez, mayores estudios al respecto con otras especies.

En el presente estudio, se nota que los niveles de las tasas metabólicas son similares en todos los casos, excepto en la condición ayunas del alimento natural ( Cuadro 10 ), no obstante, los valores de todas las ecuaciones quedan comprendidos en el rango de 0.6 y 0.9 reportado por Rosas, Laloumeriè, Sánchez y Espina (1988), aunque el valor más común para peces fluctúa en 0.8 (Weinberg, 1956, citado por Palohimo & Dickie, 1966b).

En términos generales, se puede decir que los valores de ambas condiciones, se encuentran dentro de la aseveración de Richly y Marina (1977), quienes explican que las variaciones metabólicas entre los peces alimentados, en comparación con los peces en ayunas, se deben aparentemente a las diferencias en la ingesta de alimento. Por otro lado, al no diferir estadísticamente las las pendientes de las ecuaciones descritas en el Cuadro 10, se corrobora que hay una homogeneidad casi general (ya discutida) de las actividades metabólicas y eficiencias entre lotes de peces con las distintas variables usadas en este estudio.

Las Figuras 9, 9, 10, 11, 12 y 13 muestran, como se mencionó anteriormente, que la tasa metabólica aumenta al aumentar el peso del pez, y que la respuesta se hace más variable con dicho aumento del peso, estos resultados confirman los trabajos de Palohimo & Dickie (1966a,b), donde además, hacen una excelente revisión a este respecto; otros autores que mencionan el mismo efecto para trucha arco iris y otras especies de peces, son: Pandian (1967a) al igual que Job (1967) lo reportan para tilapias, Savitz (1971) en peces dorados, Edwards et al (1972) en narcales y más recientemente, Goolish (1994) para las carpas de Israel. Latham et al (1989) Beamish et al (1989) en trucha arco iris y salmón del Atlántico respectivamente.

#### 6.6. - EXCRECIÓN NITROGENICA

Aunque existen dos tipos de excreción nitrogenica: la primera, denominada "Endógena", que es la cantidad de nitrógeno excretado equivalente a la mínima cantidad de proteína que requiere el pez para mantener su equilibrio de nitrógeno; y, la segunda, que representa la excreción de nitrógeno del cuerpo producida por un exceso de nitrógeno proteínico ingerido, llamada, "Exógena" (Gerking, 1955; Savitz, 1969, 1971; Elliot, 1975).



En el presente estudio no se hizo distinción entre ambas, sino que se midieron las dos, puesto que se pretendió cuantificar la pérdida de energía por excreción, provocada por la influencia de una dieta determinada.

El efecto que se presenta en el Cuadro II, se interpreta al menos, en parte, que es debido a la manipulación del pez, ya que la excreción de nitrógeno está muy asociada con la tasa metabólica (Gerking, 1955a,b; Richly & Marina, 1977); y esta última fue muy elevada en la primera medición provocada por el posible efecto de la manipulación a que fueron sujetos los peces, por lo que en la segunda medición, los valores se asociaron más con la influencia de la dieta. Aunado a lo anterior, hay que considerar que el periodo de ayunas al que fueron sujetas las crías fue muy corto, sólo de un día y, de acuerdo con Savitz (1969), los peces pueden almacenar proteínas como reserva durante tres días, sin alterar en nada su balance metabólico.

Puede a su vez señalarse, que la significatividad de las diferencias entre las dos mediciones y condiciones ensayadas, está relacionada con los tiempos de absorción del alimento, como se mencionó antes, Richly y Marina (1977) midieron un ritmo circadiano de la excreción de Nitrógeno en la trucha, mostrando que los máximos se encuentran entre las 14-16 hrs. y 22 - 24 hrs., mientras que las mediciones se efectuaron cuando se elevaba (12-14 hrs.) y descendía un pico (15-17 hrs.), por tanto, los valores de la primera medición se alteran en incremento y los de la segunda medición en decremento, aunado a lo anterior, se sabe por Brett y Groves (1979) que el pico de máxima excreción en el salmón se realiza pasadas 9 hrs. de la ingestión del alimento cuando los organismos están aclimatados, en este ensayo las mediciones más tardías se realizaron entre 3 y 5 hrs. posteriores a la alimentación de los organismos y éstos, sólo tuvieron una hora de aclimatación en los respirómetros. Además, la restricción del espacio y el descenso del nivel de O<sub>2</sub> d. en el agua de las cámaras metabólicas, son factores que alteran las respuestas metabólicas haciéndolas muy variables (Burrows, 1972).

Es pertinente aclarar, que como menciona Storer (1967), citado por Richly y Marina (1977), el ritmo fisiológico diario depende de la secreción hormonal, sobre todo de la cortisona, ya que son los corticoesteroides en peces, los que influyen la excreción de Amonio, siendo éste el producto principal de la excreción (aproximadamente 80 % de la total), y en el caso del "estrés" aquí reportado, se altera la secreción hormonal, por lo que las horas del ritmo circadiano pueden estar algo desfasadas, a las reportadas en la literatura incluyendo su pico máximo de excreción.

El peso del pez influye en gran medida en las determinaciones de excreción de nitrógeno, según Gerking (1955b), Elliot (1976) y Brett & Groves (1979), cuando un pez

aumenta su peso, disminuye la energía perdida en excreción, por unidad de masa corporal. Los resultados aquí obtenidos confirman tal proposición, dado que se encontró una mayor excreción de nitrógeno en ambas condiciones de la dieta natural, debido a que éstos fueron los peces de menor talla de todos los tratamientos medidos.

La pérdida por excreción en crías de la dieta natural en condición alimentadas, fue 1.7 y 1.3 veces mayor con respecto a la excreción de las crías de las dietas balanceada y mezclada respectivamente; sin embargo, el peso de las crías de la dieta natural en la condición antes mencionada, fue 3.5 y 2.5 veces menor que sus similares de la dieta balanceada y mezclada respectivamente. Se nota que las diferencias entre los pesos de las crías de las dietas uno y dos con respecto a las crías de la dieta natural, son mayores que las diferencias entre sus excreciones, por tanto y en base a lo anterior, se puede inferir que las diferencias en excreción deberían ser mayores.

Aunado a lo anterior, es de vital importancia considerar la relación Lipido : Proteína de la dieta, porque como afirma Elliott (1976), cuando decrece la proporción de esta relación, disminuye la energía perdida por productos excretados; en el presente estudio, la relación  $L:P$  de las dietas fue: para la dieta balanceada 1:6, para la mezcla 1:5 y 1:4 para la natural; por tanto, este efecto disminuye las diferencias que se esperaban entre las excreciones de la dieta natural respecto a las otras dos dietas de acuerdo al párrafo anterior.

Las relaciones entre la excreción de nitrógeno y el peso corporal se describen mediante la siguiente ecuación potencial:  $E_N = k P_c^\alpha$ , donde  $k$  es el valor de la ordenada de la recta,  $\alpha$  es el exponente de la excreción,  $E_N$  la excreción de nitrógeno y  $P_c$  el peso corporal (seco o húmedo), aunque Gerking (1955a) y Savitz (1971), indican que tal vez no sea la mejor descripción matemática del fenómeno, si es la que más se acerca a la relación de la excreción respecto al tamaño de la ración de alimento ingerido.

Los resultados expuestos en el Cuadro 10, muestran que los exponentes fluctúan notablemente entre las dietas y condiciones, lo cual denota en gran medida la influencia de las variables, ya que Palohelmo y Dickie (1966b) y Savitz (1969), reportan que estos valores son más o menos constantes cuando se someten las poblaciones de peces a diferentes estudios de fisiología, pero con la misma dieta.

Los niveles de la excreción de nitrógeno fueron considerablemente altos respecto a otras dietas reportadas en la literatura, más del 50% en general, debido a que la trucha tiene reportada una de las más altas excreciones nitrógenicas entre los peces en condiciones naturales (Elliott, 1976), y ese efecto se incrementa aun por la restricción del alimento

natural, que en condiciones normales debiera ser de plancton en general, mientras que aquí sólo se probaron las "pulgas de agua" del género Daphnia (Galbraith, 1975).

La condición alimentada presentó la mayor variabilidad de los datos (ver Figuras 14, 15, 16, 17, 18 y 19), debido probablemente a las diferencias en la ingestión del alimento que presentan los organismos, este mismo efecto fue reportado por Richly y Marina (1976); el otro factor que puede alterar las tasas excretorias, es la diferente tasa del metabolismo de los peces para utilizar las proteínas almacenadas en el cuerpo.

Estos efectos se corresponden con los registrados en la literatura, siendo las revisiones mas importantes las de Palohelmo y Dickie (1965, 1966a, b), Elliot (1976), Richly y Marina (1977), Gerking (1978), Jauncey (1982), Zeitter (1984) y Jabrowski et al. (1989) entre otras.

#### 6.7.- SINTESIS DE LOS INDICES FISIOLÓGICOS

Smith (1986) señala que todos los organismos vivos están inmersos en un ecosistema variable; dentro de este ambiente, tenemos que mantener con relativa constancia nuestro medio interno, es decir, debemos procurar no llegar a la "Zona de Tensión (Estrés)" fisiológica, de tal forma que regularnos nuestro medio interno para mantenernos en el rango de tolerancia, mediante el proceso llamado "Homeostasis".

De acuerdo con Job (1969a), la cita que hace de Prosser (1955), los animales poiquilotermos como los peces, presentan cierta independencia de los factores ambientales para lograr su homeostasis, dicho proceso se realiza mediante dos vías; el ajuste del metabolismo o la regulación del medio interno; el primer caso, es el tipo mas primitivo, mientras que el segundo resulta mas especializado.

En el Cuadro 13, se mostró que la energía requerida diariamente por un pez de peso clase para este estudio, no varió notablemente con respecto a las dos condiciones medidas y las tres dietas probadas. El mismo efecto se pudo observar para la excreción nitrogenica; todo lo anterior, nos lleva a corroborar los postulados de Prosser (1955); ya que en este trabajo las condiciones a las que fueron sometidos los peces no fueron tan extremas como para mantenerlos en una zona de estrés fisiológico, tal y como lo reporta Smith (1986).

Para lograr dicha regulación se necesita Energía, la cual se obtiene a través del alimento, para transformarse en "Energía Fisiológica", la cual se encarga de las tasas de Energía del cuerpo, con pérdidas y ganancias, eficiencias en

la transformación y relaciones funcionales de todo el organismo. Este concepto esencial de la Energía Biológica fue captado por Kleiber (1961) bajo el título de "El fuego de la vida". La obtención de materia y energía proviene del Catabolismo, asimismo, este origina productos oxidados de desecho, como CO<sub>2</sub> y agua, heces, desechos amoniacales y calor; dado que el catabolismo en organismos aeróbicos requiere de O<sub>2</sub> como comburente, las formas más prácticas para medir los estados fisiológicos de un pez al suministrarle diversas dietas, es cuantificando su tasa metabólica (Respiración : R) y, productos de desecho (Heces y Orina : F + U), para finalmente obtener sus Eficiencias y balancear la Ecuación General del Flujo de Energía ( Brett & Groves, 1979 ).

#### 6.8.- EFICIENCIA EN LA ASIMILACION

La alimentación, digestión, absorción y conversión son los pasos que están envueltos en la transformación del alimento, cualquiera de estos pasos, se ve afectado por la calidad de los nutrientes del alimento ( Pandian, 1967b ).

Las diferencias encontradas de acuerdo al método del I.B.P. entre las diferentes dietas probadas (ver Cuadro 14), probablemente se debe al tipo de dieta más que a factores externos, ya que los factores externos reportados como alteradores de la conversión son: el estado del pez (peso), la ración suministrada y la temperatura del agua (Pandian, 1967 a,b; Pandian y Raghuraman, 1972; Brett y Groves, 1979 ). En este caso, todos los peces eran crías, no variando los pesos demasiado como para considerar que un lote estaba en otra etapa del desarrollo, la ración fue "ad libitum" en todos los casos, variando la cantidad proporcionalmente sólo por la biomasa total de cada unidad experimental, por último, la temperatura fue la misma en todos los casos.

Las variaciones en la asimilación de las distintas dietas, se puede deber, entonces, a los componentes de cada dieta, siendo el factor principal, la cantidad y calidad de proteínas que contiene cada dieta. En este caso, las dietas contenían cantidades similares de proteínas ( Cuadro 3 ) sin embargo, se sabe por Pandian ( 1967 a,b ) que la eficiencia en la conversión disminuye en las dietas naturales que contienen crustáceos, ya que éstos presentan aproximadamente un 5.1 % de quitina, la cual es una formación proteínica no asimilable. Acorde con lo anterior, están estos resultados, puesto que la asimilación fue menor en las dietas que contenían alimento natural como la mezclada y la natural, teniendo esta última la más baja asimilación.

No obstante, si se elimina el porcentaje de proteína de la quitina en la dieta natural, que es aproximadamente el 5.1% de la cantidad total de proteínas, el valor se reduce al

38% de proteína cruda, quedando de esta forma un 11 % debajo del valor de proteína cruda de la dieta balanceada; mientras que las eficiencias presentadas utilizando el método de I.B.P., dan una diferencia del 6.5 % en el caso de las dietas balanceada y la mezclada, se podría pensar que el alimento mezclado presenta una ligera mejor asimilación con respecto al alimento balanceado, de acuerdo a los porcentajes corregidos.

Es importante resaltar que los valores del I.B.P. pueden estar sesgados hacia una mayor asimilación, dado que el efecto respiratorio varía respecto al peso del pez, y por lo tanto, se deben tomar en cuenta tasas metabólicas acumuladas; en este caso, por cuestiones metodológicas se estimó una respiración puntual al término del experimento para un organismo clase peso, y este valor se maneja a lo largo del intervalo del tiempo.

Se puede decir que las eficiencias netas estimadas en este experimento están dentro de los valores adecuados para el cultivo intensivo de peces ( Cuadro 14 ), que va de 10% a 25% puesto que se considera a los salmónidos como un grupo de peces con bajas eficiencias debido a sus hábitos alimenticios ( Brett & Groves, 1979 ); la eficiencia de la Trucha de río alimentada con larvas de Chironomus fue de 43.5 %; este mismo Salmónido alimentado con pupas de moscas, tuvo una eficiencia del 14.9 %; Finalmente, al alimentar con Gammarus a la Trucha Salvelinus fontinalis, se obtuvieron conversiones del 15.2 %; mientras que un pez con buenas eficiencias como el Megalops cyprinoides, está alrededor del 93 al 97 % alimentado con alimento natural fresco y en condiciones de laboratorio ( Pandian, 1967a,b ).

Por otro lado, el efecto de la eficiencia en la asimilación, sin tomar en cuenta la materia no digestible del alimento, se detecta mejor en la eficiencia bruta, puesto que no se registran las pérdidas energéticas por heces o metabolismo sino que sólo se cuantifica la tasa de crecimiento, la ración y el intervalo del tiempo.

Los resultados de eficiencias brutas corroboran las suposiciones anteriores, de una ligera pero mejor eficiencia en la asimilación en las crías alimentadas con la dieta mezclada ( Cuadro 14 ).

El registro de eficiencia bruta más elevado, para Salmónidos, es el caso del Salmón del Atlántico de 1 a 2 g. de peso, alimentado con larvas de moscas y mantenido a una temperatura de 12 a 14 °C con 55 % de eficiencia en la asimilación (Averett, 1969, citado por Brett & Groves, 1979); se menciona también, que las eficiencias brutas más altas en truchas, son las que se encuentran relacionadas con la absorción de la yema en el huevo durante las primeras fases del desarrollo embrionario: 65 - 70 % ( Marr, 1965, citado en Brett & Groves, 1979 ).

Los valores para las eficiencias (netas y brutas), dependen de la edad del pez, su peso, la composición de la dieta, la ración y las condiciones climáticas ( Pandian, 1967a,b; Brett y Groves, 1979 ); por lo que es difícil hacer comparaciones entre los valores obtenidos en el presente trabajo, con los reportados por otros autores. Sólo se podría asegurar que la dieta mezclada para las condiciones del Zarco y de este estudio, tuvo las mejores eficiencias (K' y K''), así como la asimilación más adecuada.

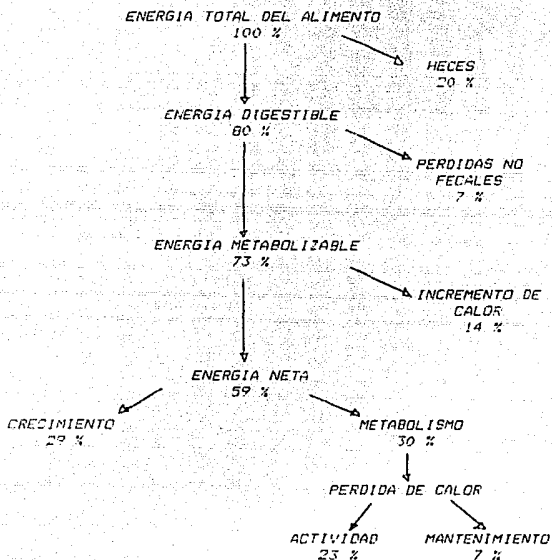
Se encontró que no es recomendable utilizar el método de Conover para obtener la eficiencia de asimilación en estudios similares a este, debido a que no se cumplen los postulados básicos del método, donde se indica que la cantidad de energía y cenizas en las heces debe ser similar a la del alimento. En el presente estudio, las heces excedieron significativamente al alimento en estos dos componentes ( Cuadros 5 y 7 ). El aumento de las cenizas en las heces pudiera deberse a una acumulación progresiva de minerales en el cuerpo del pez, ocasionada probablemente, por una forma inadecuada de suministrar los minerales en la dieta. No se conocen estudios reportados a este respecto. En cuanto al valor de energía en heces, se puede deber al aumento del delta temperatura provocado por un exceso de cenizas en la muestra, ya que cuando éstas exceden el 10 %, alteran positivamente el delta temperatura de la bomba calorimétrica, sobrestimando de esta manera, los valores de energía de la muestra ( con. pers. José Latournerié ).

#### 4.9. - ECUACION DEL BALANCE ENERGETICO

La Ecuación General del Flujo de Energía, es de gran importancia en los estudios Ecofisiológicos, puesto que integra los diversos procesos de transformación de la Energía, conforme las leyes de la termodinámica, ya sea que se utilice esta Energía para el metabolismo, para la formación de tejido o en productos de desecho ( Brett & Groves, 1979 ).

La cantidad de energía perdida por heces en el presente estudio, fue 71.2%, 63.5% y 55.4% ( ver Cuadro 15 ) en las respectivas dietas balanceada, mezcla y natural; por lo que todos los valores obtenidos exceden en más de 3 veces el valor aceptado para peces, que es de 20 % según Webb ( 1978 ) y Brett y Groves ( 1979 ); y en 5.5 veces el óptimo para un cultivo intensivo de Trucha arco iris, siendo este valor de 10 %, al cual se obtiene con organismos en condiciones ambientales, raciones de alimento e ingredientes del mismo óptimos ( Fábrica de alimento concentrados para trucha arco iris EWOS, FRANCIA, 1985; citado por Vázquez y Aviles, 1987 ).

La repartición de la energía dentro del organismo para el metabolismo y el crecimiento según Webb (1978) y Brett & Groves (1979) es como sigue:



Visto de otra forma los resultados obtenidos en este trabajo, la cantidad de cenizas en la heces fue muy elevada (Cuadro 15), lo cual indica que la pérdida total de materia orgánica que debiera haberse digerido es aproximadamente 40 % en las dietas mezclada y natural y 50% en la dieta balanceada; aunado a lo anterior, hay que considerar la cantidad de quitina que contienen las dietas fos, tres, que como se mencionó es materia orgánica no digerible.

Si bien, estos valores son bastante altos respecto a lo establecido en la literatura, para el caso de la dieta comercial se justifican, porque este tipo de alimentos concentrados presentan cuerpos difíciles de digerir, debidos

al proceso del encapsulado, que en la mayoría de las ocasiones, arranca los aceites y aglutinantes que mantienen al "pellet", de esta forma, muchas veces sale el alimento del tracto digestivo casi sin haber sido afectado por los ácidos gástricos ( Anónimo, 1975 ).

Para el caso de la dieta natural, se debe considerar la gran cantidad de cenizas que presentan las pulgas de agua ( casi el 30 % ), mas la cantidad de proteína en la quitina que no es digestible ( 5.1 % ), aunado a lo anterior, se agrega que esta dieta tuvo la menor asimilación del alimento, comprobándose el postulado antes señalado de Brett y Groves (1979), quienes afirman que los salmónidos son un grupo de peces con las mas bajas asimilaciones, debido al tipo de dieta en estado natural.

La dieta mezclada, así como presenta las bondades de las dietas balanceadas comerciales y naturales, también colleva las deficiencias de ambos alimentos.

Los valores de energía utilizados para el crecimiento, ( Cuadro 15 ), están dentro de los reportados como adecuados según el esquema propuesto por Webb ( 1978 ) y Brett y Groves ( 1979 ): de  $29 \pm 6$  %. El valor de la dieta mezclada se localiza en el límite superior del esquema mencionado; de la misma forma, los datos de las otras dietas se encuentran sesgados hacia el límite superior del valor reportado bibliográficamente.

Finalmente, cabe mencionar, que el registro óptimo de energía para el crecimiento de Trucha arco iris es 46 % (tabla de EWOS, citada en Vázquez y Avilés, 1987 ). Únicamente está 10 % superior al registro de la dieta mezclada en este estudio; y 13 % por encima del valor de la dieta natural ( ver Figuras 20, 21, 22 y 23 ).



5.- CONCLUSIONES :

1.- En el centro piscícola el Zarco se encuentra que los parámetros físico-químicos de pH, dureza, alcalinidad y CO<sub>2</sub>, están en los rangos aceptables para el cultivo de trucha arco iris; los niveles de oxígeno disuelto del agua y temperatura de la misma, están en el límite inferior de los óptimos (7.02 ppm. y 11.89 °C respectivamente).

2.- Las crías de la dieta balanceada, tuvieron la mayor tasa de crecimiento instantánea ( 1.71 ) aunque presentaron gran variabilidad en el peso y talla, así como la máxima mortalidad ( 59.3 ). Las crías de la dieta natural, estuvieron con el valor mas bajo en cuanto a tasas de crecimiento ( 1.44 ), con tallas y pesos homogéneos, y la máxima sobrevivencia ( 78.1 % ).

3.- La dieta mezclada tuvo una tasa de crecimiento cercana a la máxima ( 1.68 ), homogeneidad casi como la mayor y una sobrevivencia parecida a la mejor ( 76 % ).

4.- El tipo de crecimiento que se encontró para las crías alimentadas con las tres dietas, fue Isométrico.

5.- No hubo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a las relaciones alométricas ( peso húmedo - longitud total y peso seco - peso húmedo ), ni en cuanto al contenido de humedad entre las dietas probadas.

6.- La composición del tejido de las crías entre las dietas balanceada y mezclada, fueron similares.

7.- Las crías de la dieta natural obtuvieron mayor cantidad de proteína, y carbohidratos. Sus niveles lipídicos y su contenido de energía fueron inferiores respecto a las otras dietas.

8.- La dieta mezclada tuvo el factor de condición mas adecuado para las condiciones de este estudio.

9.- La mayor producción se encontró en la dieta mezclada, siendo superior en mas del 60 % a la segunda mejor producción que correspondió a la dieta balanceada.

10.- No hubo diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones de ayunas y alimentadas y entre las tres dietas ensayadas, con respecto a la Tasa metabólica de Rutina y el peso seco corporal de las crías. Los coeficientes de determinación estuvieron arriba de 0.90, excepto en la condición alimentadas de la dieta natural, donde se localizó la mayor dispersión de datos.

11.- En todos los casos estudiados, la tasa metabólica aumenta conforme aumenta el peso del pez.

12.- La actividad excretoria es similar en todos los casos salvo en la dieta balanceada condición ayunas, la cual fue inferior 35%.

13.- Las condiciones de alimentadas de las tres dietas, tuvieron mas dispersión de datos en la excreción de nitrógeno, que las condiciones de ayunas.

14.- En todas las dietas el aumento de la excreción de nitrógeno está positivamente correlacionado con el aumento del peso del pez. De igual forma aumenta la variabilidad de los datos.

15.- El comportamiento de los índices fisiológicos cuantificados, estuvieron influenciados por el ritmo circadiano fisiológico.

16.- La dieta mezclada tuvo los valores mas altos en las eficiencias bruta. Respecto a las eficiencias netas, no hubo diferencias significativas.

17.- Según el método I.B.P para asimilación, no hubo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los valores de las dietas balanceada y mezcla 47.56 % y 44.43 % respectivamente). Estas dos dietas superaron a la dieta natural.

18.- No es pertinente tomar como absolutas las comparaciones que se hicieron entre las asimilaciones encontradas en este estudio con los de la literatura.

19.- No se recomienda el método de Conover con esta metodología.

20.- La pérdida de Energía en productos de excreción, principalmente en las heces, fue superior al reportado como adecuado para el cultivo intensivo de truchas en mas de 3 veces; y en mas de 5.5 respecto al valor óptimo.

21.- Analizando todos los parámetros estudiados, la mejor dieta fue la mezclada.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

## 8.- RECOMENDACIONES:

1.- No exceder por mucho las densidades de carga que se manejan actualmente, en caso de ser necesario aumentarlas, introducir aeradores al agua, ya que la saturación de ésta con respecto a la atmósfera sigue siendo baja ( 7.2 ppm. ), y no ayuda en mucho poner mas caídas de agua.

2.- Si se aumenta la densidad de carga de las tinas, ésta no debe durar mas del tiempo necesario para desarrollar las actividades por las cuales se aumentó la densidad; mientras dure este estado de emergencia, se deben monitorear los demás parámetros fisico-químicos, ya que están en un rango adecuado porque se encuentran en equilibrio.

3.- Se debe tratar de manejar a los peces lo menos posible, ya que se pueden provocar estados de "estrés" de los cuales, el pez es muy susceptible sobretodo a la hora del desove, selección de reproductores o conteo de crías para su transportación.

4.- Se recomienda hacer investigaciones respecto a los parámetros fisico-químicos del agua, ya que en el Zarco se puede estar creando una raza mas resistente a las bajas concentraciones de O<sub>2</sub>d, ocasionada por una paulatina aclimatación de los reproductores a estas condiciones.

5.- Se considera importante montar y mantener un cultivo intensivo de *Daphnia* spp. para abastecer de alimento natural fresco a las crías durante todo el año. Este cultivo servirá para combinar el alimento balanceado con el alimento natural y obtener una dieta Mezclada.

6.- El cultivo de las pulgas de agua en el caso del Zarco, se puede hacer empleando gente del servicio social, tesisistas o un piscicultor que le dedique medio turno.

7.- Sería muy conveniente continuar con estudios nutricionales, mezclando dietas comerciales con alimento natural, ya que se necesita detectar cuál es la cantidad exacta que debe llevar la dieta de cada alimento; cuál es la ración óptima de cada componente de la dieta y la forma mas adecuada de suministrar la dieta.

8.- También sería conveniente una línea de investigación que abarque otras dietas naturales no convencionales, como por ejemplo: cultivo de copépodos, de bacterias, de algas y larvas de insectos entre otros, para alimento de crías.

9.- En cuanto al proceso de encapsulado de los alimentos comerciales concentrados, sería pertinente buscar otras alternativas, con el fin de evitar que gran parte del alimento se defeque sin ser siquiera atacado por las enzimas proteolíticas de los peces.

10.- Sería conveniente el estudio de los ensilados con ingredientes propios de la región donde se localice el centro piscícola, con el fin de disminuir los costos de alimentación y formar una dieta balanceada que se pueda suministrar en fresco, se evitaría así, entre otras cosas, el proceso de "peletizado".

11.- Se debe desarrollar una biotecnología propia para el país y para cada centro productor, que permita desarrollar y optimar los recursos que saldrían de los cultivos antes propuestos.

12.- Es aconsejable que en estudios nutricionales, se evalden los índices fisiológicos y los contenidos bromatológicos de los organismos, dietas y heces periódicamente, para obtener estimaciones acumuladas de estos índices y componentes, de tal forma que al término del ensayo se puedan cuantificar eficiencias de asimilación por métodos mas variados a los utilizados en este estudio, lo cual dará mas herramientas para hacer comparaciones.

## 9.- LITERATURA CITADA

- AGUILERA H, P. y C. NORIEGA P., 1985. "LA TRUCHA Y SU CULTIVO". FONDEPESCA, Méx. 60 pp.
- AHMA, T.S. & A.J. MATTY, 1989. "THE EFFECT OF FEEDING ANTIBIOTICS ON GROWTH AND BODY COMPOSITION OF CARP (Cyprinus carpio)". Aquaculture, 77:211-220.
- ALCAZAR R., V. 1980. "PESCA PREHISPANICA: ARTES, USOS, COSTUMBRES". Banpesca, México, 103 pp.
- ANGELES E., J., 1986. "ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA, PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y CRECIMIENTO DE LA CARPA ESPEJO (Cyprinus carpio specularis), EN UN SISTEMA DE POLICULTIVO EN RELACION A TRES TIPOS DE FERTILIZANTES." Tesis para obtener el título de Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM. 140 pp.
- ANONIMO. 1975. "ENFERMEDADES NUTRICIONALES Y SINTOMAS DE DEFICIENCIAS EN PECES." Ofna. de Sanidad Piscícola, Méx. 18 pp.
- ANONIMO. 1980. "EL HOMBRE Y SUS ALIMENTOS" Geografía Universal, Número Especial. 10 : 1-115.
- ANONIMO. 1980. "PLANO GENERAL EN PLANTA DE LAS INSTALACIONES DEL CENTRO ACUICOLA EL ZARCO." Secretaría de Pesca, Méx. 1 pp.
- ANONIMO. 1981. SERIE; CUADERNOS DE ALIMENTACION PISCICOLA #1: REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES, FABRICACION, EVALUACION Y DIETAS." Departamento de Pesca, Dir. Gral. de Acuicultura, oficina de Fertilizantes y Forrajes. (Pisc. El Zarco.). Méx. 134 pp.
- ANONIMO, 1985. " LA ACUACULTURA EN MEXICO". Acuavisión, 1: 4 - 9 pp.
- ANONIMO, (ED.). 1988. "LINEAMIENTOS NORMATIVOS PARA SANIDAD Y NUTRICION ACUICOLA EN MEXICO." Secretaría de Pesca, Méx. 533 pp.
- ANONIMO, 1988. "MANUAL TECNICO PARA LA OPERACION DE CENTROS ACUICOLAS PRODUCTORES DE TRUCHA ARCO IRIS (Salmo gairdneri)." Sria. de Pesca, Méx. 115 pp.
- APHA, AWWA & WPLF. 1971. "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER." 12th. Ed. American Public Health Association Inc. N.Y. 874 pp.
- BAGENAL, T. 1978. "FISH PRODUCTION IN FRESH WATER". 3rd. Ed. IBP. #3 Blackwell Sci. Publ. Oxford. pp. 202-217

- BANTA, C. 1970. "STUDIES ON THE PHYSIOLOGY OF CLADOCERA". Freeman, Co. USA. 70 pp.
- BARD, J., J. LEMASSON & P. LESSENT, 1970. "MANUAL DE PISCICULTURA DESTINADO A LA AMERICA TROPICAL" Ed. Ministère des Affaires Etrangères. Centre technique Forestier Tropical Pêche et Piscicultura. Nogon, France. 139 pp.
- BARDACH, T. & M. RITHLEY. 1986. "ACUACULTURA" AGT Eds. Méx. 740 pp.
- BEAMISH, F.W.B. 1964a. "SEASONAL CHANGES IN THE STANDARD RATE OF OXYGEN CONSUMPTION OF FISHES" Can. Jour Zool. 42:189-194.
- BEAMISH F.W.B. 1964b. "RESPIRATION OF FISHES WITH SPECIAL EMPHASIS ON STANDARD OXYGEN CONSUMPTION". Can. Jour Zool. 42:230-235.
- BEAMISH F.W.B. 1974. "APPARENT SPECIFIC DYNAMIC ACTION OF LARGEMOUTH BASS, Micropterus salmoides." J. Fish. Res. Bd. Canada. 31: 1763 - 1769.
- BEANISH F.W.B., J.C. HOWLET & T.E. MEDLAND, 1989. "IMPACT OF DIET ON METABOLISM AND SWIMMING PERFORMANCE IN JUVENILE LAKE TROUT, Salvelinus namaycush" Can. J. fish. Aquat. Sci. 46 : 384 - 388.
- BOYD L.E. 1979. "WATER QUALITY IN WARM WATER FISH PONDS" Auburn University. Agricultural Experiment Station. Crafmaster Printers, Inc. Opelika, Alabama, USA. 35
- BRETT J.R. 1971. "SATIATION TIME, APPETITE, AND MAXIMUM FOOD INTAKE OF SOCKEYE SALMON (Oncorhynchus nerka)." J. Fish. Res. Bd. Canada. 28: 409-415.
- BRETT J. R. & T.D.D. GROVES, 1979. "PHYSIOLOGICAL ENERGETICS" (in: Hoar (Ed.): FISH PHYSIOLOGY VIII) Academic Press, USA. pp. 279 - 351.
- BURROWS R.E. 1972. "SALMONID HUSBANDRY TECHNIQUES" In: J. Halver (Ed.): FISH NUTRITION. Academic Press, USA. pp. 375-400.
- CALVO M., M. 1959. "PRIMER ESTUDIO EXPERIMENTAL DE DIETAS PARA TRUCHA ARCO IRIS". Boletín de Piscicultura Rural, Sria. de Industria y Comercio. Dir. Gral. de Pesca e Industrias Conexas. Oficina de Estudios Biológicos 9. ( 7 y 9 ) Méx. pp. 5-10.
- CHAPMAN D.W. 1978. " PRODUCTION. " In: Bagenal ( Ed. ): FISH PRODUCTION IN FRESH WATER. 3rd. Ed. IBP.#3. Blackwell Sci. Pub., Oxford. pp. 202-217.

- COLL M.J., 1983, " ACUICULTURA MARINA ANIMAL ".  
Editorial Mundi Prensa, Madrid, Espana. 640 pp.
- DABROWSKI K. 1977. "PROTEIN REQUIRMENTS OF GRASS CARP  
FRY (Ctenopharyngodon idella)". Aquaculture, 12:  
63-73.
- DABROWSKI K. & B. KOZAK, 1979. "THE USE OF FISH MEAL AND  
SOYABEAN MEAL AS A PROTEIN SOURCE IN THE DIET OF  
GRASS CARP FRY." Aquaculture, 18: 107-114.
- DABROWSKI K, G. POCZYCZYNSKI, G. KOCK & B. BERGER, 1989.  
"EFFECT OF PARTIALLY OR TOTALLY REPLACING FISH MEAL  
PROTEIN BY SOYABEAN MEAL PROTEIN ON GROWTH, FOOD  
UTILIZATION AND PROTEOLITIC ENZYME ACTIVITIES IN  
RAINBOW TROUT (Salmo gairdneri), NEW IN VIVO TEST  
FOR EXOCRINE PANCREATIC SECRETION." Aquaculture,  
77 : 29-49.
- DAME R.F., 1972. "THE ECOLOGICAL ENERGIES OF GROWTH,  
RESPIRATION AND ASSIMILATION IN THE INTERTIDAL  
AMERICAN OYSTER Crassostrea virginica". Marine  
Biology, 17 : 243 - 250.
- DAVIS H.S., & R.F LORD, 1930. "EXPERIMENTS WITH MEAT AND  
MEAT SUBSTITUTES AS TROUT FOOD." B. of Fisheries  
Document No. 1079. U.S.A. pp. 123-147.
- DE PAW, N. 1981. "MASS CULTIVATION OF D. magna STRAUSS  
ON RICE BRAN", Aquaculture, 25: 141-152.
- EDWARDS, R.R.C., D.M. FINLAYSON & J.H STEELE, 1972. "  
AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE OXYGEN CONSUMPTION,  
GROWTH AND METABOLISM OF THE COD (Gadus morhua L.)"  
J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 8 : 299 - 309.
- ELLIOTT, J.M., 1976. "ENERGY LOSSES IN THE WASTE PRODUCTS  
OF BROWN TROUT DURING A 24 HRS. PERIOD. ",  
Aquaculture, 11 : 173-178.
- ELLIOTT, J.M., & W. DAVISON, 1975. "ENERGY EQUIVALENTS  
OF OXYGEN CONSUMPTION IN ANIMAL ENERGETICS"  
Oecologia, 19 : 195 - 201.
- FRY, F.E.J., 1971, "THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL FACTORS  
ON THE PHYSIOLOGY OF FISH." ( in: Hoar (ed.): FISH  
PHYSIOLOGY, VOL. VI) Academic Press, USA, pp. 1-99.
- GALBRAITH, T., 1975. "THE USE OF LARGE Daphnia AS  
INDICES OF FISHING QUALITY FOR RAINBOW TROUT IN  
SMALL LAKES". Verb. Inter. Verein. Limnol., 19 :  
2485 - 2492.

- GARCIA, E. 1981. "MODIFICACIONES AL SISTEMA DE CLASIFICACION CLIMATICA DE KÖPPEN." 3a. Ed. Inst. Geog. U.N.A.M., Méx. 252 pp.
- GARCIA, E. 1983. "APUNTES DE CLIMATOLOGIA". Inst. Geog. U.N.A.M., Méx. 154 pp.
- GERKING, S.D. 1955a. "INFLUENCE OF RATE OF FEEDING ON BODY COMPOSITION AND PROTEIN METABOLISM ON BLUEGILL SUNFISH." Physiological Zoology: XXVIII(4); 267-282.
- GERKING, S.D., 1955b. "ENDOGENOUS NITROGEN EXCRETION OF BLUEGILL SUNFISH." Physiological Zoology: XXVIII(4); 283-289.
- GERKING, S. D., 1978. "ECOLOGY OF FRESHWATER FISH PRODUCTION" Blackwell Sci. Pub. Oxford. pp:184-214.
- GOOLISH, E.M. & I.B. ADELMAN, 1984. "EFFECTS OF RATION SIZE AND TEMPERATURE ON THE GROWTH OF JUVENILE COMMON CARP Cyprinus carpio" Aquaculture, 36: 27-35.
- GRAYTON, B.D. & F.W.H. BEAMISH, 1977. "EFFECTS OF FEED ON FOOD INTAKE, GROWTH AND BODY COMPOSITION OF RAINBOW TROUT (Salmo gairdneri)." Aquaculture, 11: 159-172.
- GREENBERG, B.D. 1970. "TROUT FARMING." Chilton Co, Brook Division, U.S.A. 197 PP.
- GROVES, T.D.D. 1970. "BODY COMPOSITION CHANGES DURING GROWTH IN JOUNG SOCKEYE (Oncorhynchus nerka) IN FRESH WATER." J. fish. Res. Bd. Canada, 27: 929-942.
- GUERRERO, C. 1987. "FOTOPERIODO SOBRE CRECIMIENTO DE CRIAS DE TRUCHA ARCO IRIS" UAM-X. Méx. 50 pp.
- HALVER, J.E. 1972. " FISH NUTRITION" Academic Press. U.S.A. pp : 130 - 150 .
- HEPHER, B., I.C. LIAO, S.H. CHENG & C.S. HSIEH., 1983. "FOOD UTILIZATION BY RED TILAPIA.- EFFECOS OF DIET COMPOSITION, FEEDING LEVEL AND TEMPERATURE ON UTILIZATION EFFICIENCIES FOR MAINTENANCE AND GROWTH." Aquaculture, 32: 255-275.
- JAUNCEY, K. 1982. "THE EFFECT OD VARYING DIETARY PROTEIN LEVEL ON THE GROWTH, FOOD CONVERSION, PROTEIN UTILIZATION AND BODY COMPOSITION OF JUVENILE TILAPIAS (Sarotherodon mossambicus)." Aquaculture, 27 ; 43-54.
- JOB, S.V. 1969a. "THE RESPIRATORY METABOLISM OF Tilapia mossambica (TELEOSTEI); I.- THE EFFECT OF SIZE, TEMPERATURE AND SALINITY" Marine Biology, 2:121-126.



- JOB, S.V. 1969b. "THE RESPIRATORY METABOLISM OF Tilapia mossambica (TELEOSTEI); II.- THE EFFECT OF SIZE, TEMPERATURE, SALINITY AND PARTIAL PRESSURE OF OXYGEN." Marine Biology, 3 : 222-226.
- KLEKOWSKI, J. & T. DUNCAN, 1975. "FEEDING AND NUTRITION: REVIEW OF METHODS FOR IDENTIFICATION OF FOOD AND FOR MEASUREMENT OF CONSUMPTION AND ASSIMILATION OF FISHES", In: T.D.D. Groves (Ed.): METHODS FOR ECOLOGICAL BIOENERGETICS. Blackwell Sci. Pub. IBP. No. 24 Oxford. pp. 227-261.
- KLONTZ, G.W. 1979. "MANUAL PARA LA PRODUCCION DE TRUCHA Y SALMON." Universidad de Idaho, U.S.A. 45 pp.
- KURI--NIVON, E. 1976. "DETERMINACION DEL FACTOR DE CONDICION MULTIPLE (KM)." Manuales Técnicos de Acuicultura, Depto. de Pesca, Méx. 1 (1): 11-21.
- LATHAM, K.E. & J.J. JUST., 1989. "OXYGEN AVAILABILITY PROVIDES A SIGNAL FOR HATCHING IN THE RAINBOW TROUT (Salmo gairdneri) EMBRYO". Can.J.Fish.Aquat.Sci. 46 : 384-388.
- LEE, D.J. & R.O. SINHUBER, 1972. "LIPID REQUIREMENTS." In: J.E. Halver (Ed): FISH NUTRITION. Academic Press. USA. PP. 145-177.
- LIE, O., R. WAAGBO & K. SANDNES., 1988. "GROWTH AND CHEMICAL COMPOSITION OF ADULT ATLANTIC SALMON (Salmo salar) FED DRY AND SILAGE BASED DIETS." Aquaculture, 69 : 343-353.
- MAZEAUD, M.M., F. MAZEAUD & E.M. DONALDSON, 1977. "PRIMARY AND SECONDARY EFFECTS OF STRESS IN FISH: SOME NEW DATA WITH A GENERAL REVIEW". Trans. of the Amer. Fisheries Soc. 106 (3) ; 201-212.
- MEDINA, G.M. 1976. "EL FACTOR DE CONDICION MULTIPLE (KM) Y SU IMPORTANCIA EN EL MANEJO DE POBLACIONES DE CARPA DE ISRAEL (Cyprinus carpio specularis); 1.- HEMBRAS EN ESTADO DE MADUREZ V (NIKOLSKI, 1963.)" Memorias del Simposio sobre pesquerías de aguas continentales, Tuxtla Gtz., Chis., Méx. pp. 207-217.
- MERCK, E. 1989. "AQUAMERCK; COMPACT LABORATORY FOR WATER ANALYSIS". E. Merck. F.R. Germany. 37 pp.
- MOORE, W.G. 1941. "STUDIES ON THE FEEDING HABITS OF FISHES" Ecology, 22 : 91 - 96
- MILLER, R.J. & K.H. MANN., 1973, "ECOLOGICAL ENERGETICS OF THE SEAWEED ZONE IN A MARINE BAY ON THE ATLANTIC COAST OF CANADA. III. ENERGY TRANSFORMATIONS BY SEA URCHINS", Marine Biology, 18 ( 2 ) : 99 - 114.

NEW, M.B. 1987. FEED AND FEEDING OF FISH AND SHRIMP" FAO; ADCP/REP/87/26. Roma. 275 pp.

NIKOLSKI, G.V. 1963. "THE ECOLOGY OF FISHES" Academic Press, U.S.A. 352 pp.

OTTO, F. 1905. "A THEORY OF PROTEIN METABOLISM." Amer.J. Physiol. 103 : 117-138.

PALOHEIMO, J.E. & L.M. DICKIE, 1965. "FOOD AND GROWTH OF FISHES. I: A GROWTH CURVE DERIVED FROM EXPERIMENTAL DATA. Jour.Fish.Res.Board.Canada. 22 (2) : 521-542.

PALOHEIMO, J.E. & L.M. DICKIE. 1966a. "FOOD AND GROWTH OF FISHES." II: EFFECTS OF FOOD AND TEMPERATURE ON THE RELATION BETWEEN METABOLISM AND BODY WEIGHT. Jour. Fish. Res. Board. Canada. 23(6): 869-908.

PALOHEIMO, J.E. & L.M. DICKIE. 1966b. "FOOD AND GROWTH OF FISHES." III: RELATIONS AMONG FOOD, BODY SIZE, AND GROWTH EFFICIENCY. Fish. Res. board. Canada. 23 (8) : 1209- 1248.

PALOHEIMO, J.E., 1982. "GROWTH MODEL OF Daphnia" Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39 : 598-606.

PANDIAN, T.J. 1967a. "INTAKE, DIGESTION, ABSORPTION AND CONVERSION OF FOOD IN THE FISHES Megalops cyprinoides AND Ophiocephalus striatus." Marine Biology, 1 : 16:32.

PANDIAN, T.J., 1967b. "TRANSFORMATION OF FOOD IN THE FISH Megalops cyprinoides: I.- INFLUENCE OF QUALITY OF FOOD." Marine Biology, 1 : 60-64.

PANDIAN, T.J. 1967c. "TRANSFORMATIONS OF FOOD IN THE FISH Megalops cyprinoides; II.- INFLUENCE OF QUANTITY OF FOOD." Marine Biology, 1 : 107-109.

PANDIAN, T.J. & R. RAGHURAMAN. 1972. "EFFECTS OF FEEDING RATE ON CONVERSION EFFICIENCY AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE FISH Tilapia mossambica." Marine Biology. 12 : 129-136.

PAZ N., L. L. 1963. "EL CULTIVO DE LA TRUCHA Y DEL SALMON: LA NUTRICION." Sria. de Ind. y Comer. Méx. 37 pp.

PHILLIPS, A.M., D.L. LIVINGSTON & R.F. DUMAS., 1960. "EFFECT OF STARVATION AND FEEDING ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF BROOK TROUT." Progre. Fish. Cult. (october): 147-154.

RAMIREZ G., R. 1962. "INSTRUCTIVO PARA LA CRIA DE TRUCHA." Inst. Nal. Invest. Biol. Pesq. Méx. 57 pp.

- REAY, P.J. 1979. "AQUACULTURE." E. Arnold Pub. England, 61 pp.
- RICHLY, J. & B.A. MARINA, 1977. "THE AMMONIA EXCRETION OF TROUT DURING A 24 HRS. PERIOD." Aquaculture, 11: 173-178.
- RICHMAN, S. 1958. " THE TRANSFORMATION OF ENERGY BY Daphnia pulex " Ecol. Monoqr. 28 : 273 - 291.
- RICKER, W.E. 1971. METHODS FOR ASSESMENT OF FISH PRODUCTION IN FRESHWATER." Handbook 3. Blackwell Sci. Pub. Oxford, 348 pp.
- RODIER, M. 1978. "ANALISIS DE LAS AGUAS" Omega, Espana, pp.137-140.
- RODRIGUEZ, M. 1975. "EFECTOS DE ALGUNOS ALIMENTOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE CRIAS DE TRUCHA ARCO IRIS (Salmo gairdneri). " Fideicomiso para el desarrollo de la fauna acuática, Méx. 92 pp.
- SAVITZ, J. 1969. " EFFECTS OF TEMPERATURE AND BODY WEIGHT ON ENDOGENUS NITROGEN EXCRETION IN THE BLUE GILL SUNFISH (Lepomys macrochirus). " J. Fish. Res. Bd. Canada. 26 : 1813-1821.
- SAVITZ, J. 1971. "NITROGEN EXCRETION AND PROTEIN CONSUMPTION OF THE BLUEGILL SUNFISH (Lepomis macrochirus). " J.Fish.Res.Bd.Canada. 28 : 449-451.
- SCHWASSMANN, H.O. 1971. "BIOLOGICAL RHYTHMS", In: L. Hoar ( Ed. ): FISH PHYSIOLOGY, Vol. VI, Academic Press, U.S.A., pp. 371 - 428.
- SHEARER, K.D. 1989. "WHOLE BODY MAGNESIUM CONCENTRATION AS AN INDICATOR OF MAGNESIUM STATUS IN RAINBOW TROUT (Salmo gairdneri). " Aquaculture, 77 : 201-210.
- SKILBREI, O.T. 1988. "GROWTH PATTERN OF PRESMOLT ATLANTIC SALMON (Salmo salar L.): THE PERCENTILE INCREMENT METHOD (PIM) AS A NEW METHOD TO ESTIMATE LENGHT-DEPENDENT GROWTH." Aquaculture, 69 : 129-143.
- SMITH, R.L. 1986. "ELEMENTS OF ECOLOGY." Harper and Row Pub. USA. 677 pp.
- SPOTTE, S. 1970. "FISH AND INVERTEBRATE CULTURE: WATER MAGNAMENT IN CLOSED SYSTEMS." John Wiley & Sons, USA. 145 pp.

- STEFFENS, W. 1977. "POSSIBILITIES FOR REDUCING THE PROTEIN CONTENT IN DIETS OF RAINBOW TROUT, (Salmo gairdneri), BY USING SUITABLES FATS." In: F. Muller (Ed.): FISH NUTRITION AND DIET DEVELOPMENT., International Seminary, G.D.R. pp. 76-87.
- STROSS, R.G. 1969. "PHOTOPERIOD CONTROL OF DIAPAUSE IN Daphnia." Biol. Bull. 127 : 359-374.
- TACON, A.G.T. 1985. "NUTRITIONAL FISH PATHOLOGY: MORPHOLOGICALS SIGNS OF NUTRIENT DEFFICIENCY AND TOXICITY IN FARMED FISH." FAO./ ADCP/REP/85/22. Roma, 33 pp.
- TACON, A.G.T. 1987. "THE NUTRITION AND FEEDING OF FARMED FISH AND SHRIMP; 1.- A TRAINING MANUAL. 2.- NUTRIENT SOURCES AND COMPOSITION." FAO./ GCP/RLA/075/ITA. Brazil, 179 pp.
- THORPE, J.E. & R.I.G. MORGAN., 1980. "TIME OF DIVERGENCE OF GROWTH GROUPS BETWEEN POTENCIAL 1+ AND 2+ SMOLT AMONG SIBLING ATLANTIC SALMON." J. Fish. Biol. 17: 13-21.
- VAZQUEZ, H.M. y S. AVILES Q., 1987. "GUIA PRACTICA DE NUTRICION Y ELABORACION DE DIETAS BALANCEADAS PARA TRUCHA ARCO-IRIS", SEPESEA, Dirección General de Acuicultura, México, 48 pp.
- VERGARA, V. 1987. "REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA TRUCHA." Acuavisión. 6 : 15-23.
- VILLAREAL, A. 1988. "CENTRO ACUICOLA MATZINGA: PRODUCTOR DE TRUCHA ARCO IRIS." Acuavisión, 12 : 10-11.
- WEBB, P. 1978. "PARTITION OF ENERGY INTO METABOLISM AND GROWTH" (in: Gerking, S.D. (Ed.): ECOLOGY OF FRESH WATER FISH PRODUCTION.) Blackwell Sci. Pub. Oxford, pp. 184-215.
- WINDELL, J.T., NORRIS, DO.O., KITCHEL, F.J., NORRIS, J.S. 1969. "DIGESTIVE RESPONSE OF RAINBOW TROUT, Salmo gairdneri TO PELLETS DIETS." J. Fish. Res. Bd. Canada. 26 : 1801-1812.
- ZAR, J.H. 1974. "BIOSTATICAL ANALYSIS" Prentice Hall, 800 pp.
- ZEITTE, M.H., M. KIRCHGESSNER, & F.J. SCHWARZ, 1984. "EFFECTS OF DIFFERENT PROTEIN AND ENERGY SUPPLIES ON CARCASS COMPOSITION OF CARP (Cyprinus carpio L.)." Aquaculture, 36 : 37-48.