

ALIMENTACION Y NUTRICION EN TRUCHA.
ESTUDIO RECAPITULATIVO.

Tesis presentada ante la
División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
de la
Universidad Nacional Autónoma de México
para la obtención del título de
Médico Veterinario Zootecnista

por

Sergio Adrián Hernández Pérez

Asesor: M.V.Z. MC. Alfredo Kurt Spross S.

México, D.F.

1993.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO.

	Página
RESUMEN - - - - -	i
I. INTRODUCCION - - - - -	1
II. PROCEDIMIENTO - - - - -	6
III. TEMAS.	
a) ANATOMIA Y FISILOGIA DEL APARATO DIGESTIVO - - - -	7
b) PROTEINAS - - - - -	15
c) CARBOHIDRATOS - - - - -	46
d) LIPIDOS - - - - -	59
e) VITAMINAS - - - - -	75
f) MINERALES - - - - -	106
g) MATERIAS PRIMAS - - - - -	129
h) ADITIVOS - - - - -	139
i) EFICIENCIA Y CONVERSION ALIMENTICIA CON RELACION A LA DINAMICA DE POBLACION - - - - -	155
IV. ANALISIS DE LA INFORMACION - - - - -	189
V. LITERATURA CITADA - - - - -	195

RESUMEN.

HERNANDEZ PEREZ SERGIO ADRIAN. Alimentación y Nutrición en trucha. Estudio Recapitulativo. (Bajo la dirección de: Alfredo -- Kurt Spross Suárez).

Ante la necesidad de contar con una recopilación actualizada - y en español sobre la influencia de los nutrimentos en las características productivas (ganancia de peso, consumo de alimento, conversión y eficiencia alimenticia), en la trucha, así como el valor nutricional de los aditivos y alimentos comúnmente usados en las dietas para este tipo de animales; y el efecto - que tiene la dinámica de poblaciones sobre la eficiencia y conversión alimenticia, se revisó la información hemerográfica y bibliográfica (de 1970-1990) disponible en la Biblioteca de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M., - Universidad Agrícola de Chapingo, Centro de Información Científica y Humanística (CICH) de la U.N.A.M., E.N.E.P. Zaragoza de la U.N.A.M. y Secretaría de Pesca. Finalmente se analizó en -- forma breve la información obtenida y se dan las conclusiones.

1. INTRODUCCION.

En México las actividades de la Acuicultura tienen inicio en 1883, en ese año Esteban Cházari se preocupa por dar impulso a ésta --- ciencia en el país (3). Posteriormente tuvo un escaso desarrollo y no es sino hasta la década de los años cuarenta cuando se le -- vuelve a dar importancia, con lo que se inicia la construcción de centros piscícolas y se realizan labores de Acuicultura extensiva (principalmente siembras). En 1977, se constituye en México el en entonces Departamento de Pesca, del que depende la Dirección de --- Acuicultura, y que concentró todas las acciones que diversas Se-- cretarías de Estado y otras instituciones realizaban en éste cam-- po. Cabe indicar que además de la actividad desarrollada por las dependencias federales, en los últimos años como resultado de las campañas de difusión, capacitación a productores y a la demanda - creciente de alimentos, los inversionistas privados así como los ejidatarios se han iniciado en las labores acuícolas (114).

La Piscicultura es así, una Zootecnia de reciente utilización en las aguas dulces mexicanas. Es una biotecnia bondadosa de altos - rendimientos pesqueros por unidad de superficie, cuando se aplica el método adecuado (146).

La Truticultura es la rama de la Piscicultura dedicada al cultivo de truchas y salmones. En México la Truticultura está enfocada -- principalmente al cultivo y distribución de crías de trucha arcoiris (Salmo gairdneri)*, la que se limita a los arroyos y lagunas de las áreas montañosas del país, en donde existen aguas corrientes, claras y frías. Esto se debe a que la familia de los salmóni

* La clasificación actual, señala que la taxa de la Salmo gairdneri cambia a Oncorhynchus mykiss. Sin embargo, esta nueva nomenclatura, sólo es conocida por los especialistas por lo que en el texto se seguirá respetando la anterior, mientras la nueva - penetra en el conocimiento y vocabulario de los interesados --- (ver cuadro de la página 3).

dos tienen la limitante de ser muy exigentes en las cualidades físico-químicas del agua en donde crecen. Es por esto que la Truticultura en México tiene un escaso campo pues sólo entre el 5 y el 10% de nuestras aguas interiores son apropiadas para el desarrollo de las truchas, considerando así que en el país se hace un cultivo de tipo extensivo y en una baja escala el aspecto comercial (3, 146, 156).

Otras especies de truchas son la común de río (Salmo trutta) y la cabeza de acero (Salmo gairdneri) (147). Se tienen informes de la existencia de dos especies más de salmónidos; la trucha dorada -- (Salmo chrysogaster), nativa de nuestro país y en peligro de extinción, localizada en los arroyos de Chihuahua y Sinaloa; y la trucha de arroyo (Salvelinus fontinalis), las cuales no han sido utilizadas en cultivo (25, 187). Una característica de la trucha de mar (Cynoscion nebulosus) es diferenciarse en tamaño de las anteriores, mas la causa de su nombre obedece a criterios regionales (157).

En cuanto a la trucha arcoiris, cabe indicar que es la más característica de la Truticultura; es la que mejores resultados ha dado, tanto en crecimiento rápido como en su adaptación al alimento artificial y a su tolerancia al agua poco más caliente. Se considera por tanto, un animal relativamente rústico y que ha demostrado ser manejable en cautiverio (1, 5, 144). Su origen es de Norteamérica, habiéndose introducido a Europa en 1880, en donde se adaptó con facilidad (25, 118, 156, 187).

La trucha introducida en México proviene principalmente de los Estados Unidos, lugar donde se consiguió la selección en la década de los cuarentas; y aun cuando el tipo de aguas necesario para su desarrollo es relativamente escaso, su distribución se ha ampliado con repoblaciones efectuadas en las zonas trutícolas de los Estados de Coahuila, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidal

go, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Veracruz, Tamaulipas, Tlaxcala y Distrito Federal (1, 157, 186, 187). Los cultivos que lleva cabo la Secretaría de Pesca se realizan en varios Estados, en las piscifactorías de Madera y Huacochi, Chih.; Pucuatto, Mich.; Matzinga, Ver.; Apulco, Pue. y El Zarco, D.F.; éste último es el primer centro piscícola, se inauguró en 1943 (3, 25, 115, 156, 186, 187).

En la actualidad la producción nacional de huevo y cría no satisface la demanda existente, por lo cual se importa, principalmente de Dinamarca, Australia y los Estados Unidos; sobre todo en la temporada en que no hay producción en nuestro país debido a las condiciones climáticas. Se presume que los organismos procedentes de éstos países presentan características genotípicas y fenotípicas que se traducen en mejores tasas de crecimiento y más alta calidad del producto final, en relación con los desarrollados en el país (25, 187).

La posición taxonómica de la trucha arcoiris es como se indica en el siguiente cuadro:

	Clasificación anterior (1, 156, 186)	Clasificación actual (50, 162)
Reino:	Animal	Animal
Phylum:	Chordata	Chordata
Subphylum:	Vertebrata	Vertebrata
Superclase:	Pisces	Pisces
Clase:	Osteichthyes	Osteichthyes
Subclase:	Actinopterygii	Actinopterygii
Superorden:	Teleostei	Teleostei
Orden:	Salmoniforme	Salmoniforme
Suborden:	Salmonoidei	Salmonoidei
Familia:	Salmonidae	Salmonidae
Género:	Salmo	Oncorhynchus
Especie:	gairdneri	mykiss
Nombre científico:	<u>Salmo gairdneri</u>	<u>Oncorhynchus mykiss</u>
Nombre común:	Trucha arcoiris	Trucha arcoiris

De acuerdo a una publicación especializada en Acuicultura, se adoptará el nombre genérico de (Oncorhynchus) para truchas de varias especies norteamericanas del oeste, por una recomendación del Comité de Nombres de Peces de la Asociación Americana de la Pesca (Smith y Stearley, 1989). El cambio se basó sobre un nuevo dato presentado en una conferencia realizada en junio de 1988 por la Sociedad Americana de Ictiólogos y Herpetólogos; indicando que los "Salmo", truchas nativas en las -- vertientes del Pacífico Norte, se relacionan de manera más estrecha con las especies del salmón del Pacífico (Oncorhynchus) que con las especies "Salmo" del Atlántico y europeas, principalmente el salmón del Atlántico (Salmo salar) y la trucha café (Salmo trutta).

Además se ha aceptado por los taxónomos que la trucha arcoiris (y su forma anádroma, la cabeza de acero) clasificada anteriormente como (Salmo gairdneri) (actualmente Oncorhynchus mykiss) y la trucha Kamchatkan (Salmo mykiss), tienen prioridad en la nomenclatura. De esta manera, el binomio de ----- (Oncorhynchus mykiss) debe ser usado para la trucha arcoiris y la trucha Kamchatkan.

El cambio principal de los investigadores que proponen para referirse a la trucha arcoiris es como (Oncorhynchus mykiss). Sin embargo, se incluyen otras especies afectadas: Trucha apache (Oncorhynchus apache); trucha salvaje (Oncorhynchus clarki); trucha de Gila (Oncorhynchus gilae); trucha dorada (Oncorhynchus aguabonita); y trucha mexicana (Oncorhynchus chrysogaster) (50, 162).

Como el objetivo de este estudio es el referente a la Alimentación y Nutrición de la trucha, es conveniente definir la diferencia entre ambas:

Alimentación.- Es la serie de normas o procedimientos a seguir para proporcionar a los animales una nutrición adecuada (161).

Nutrición.- Es la serie de procesos por medio de los cuales un organismo adquiere y asimila los alimentos para promover su crecimiento y reemplazar los tejidos desgastados o lesionados (12, 33).

II. PROCEDIMIENTO.

Consistió en la consulta de fuentes bibliográficas y hemerográficas como artículos, revistas científicas, publicaciones diversas y libros comprendidos entre los años de 1970 a 1990; -- procedentes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M., Universidad Agrícola de Chapingo, Centro de Información Científica y Humanística (CICH) de la U.N.A.M., ---- E.N.E.P. Zaragoza de la U.N.A.M. y de la Secretaría de Pesca. Se verificó de manera particular la síntesis de cada artículo publicado, obteniendo así en general los puntos de vista de -- los distintos investigadores. La integración de dicha información con objeto de ser analizada se ordenó en relación a los -- siguientes temas: a) Anatomía y Fisiología del Aparato Digestivo, b) Proteínas, c) Carbohidratos, d) Lípidos, e) Vitaminas, f) Minerales, g) Materias primas, h) Aditivos e i) Eficiencia y conversión alimenticia con relación a la dinámica de pobla-- ción.

a) Anatomía y Fisiología del Aparato Digestivo.

Externamente las truchas son peces de tamaño y formas variables, generalmente poco comprimidas. Poseen escamas cicloides limitadas al cuerpo, ausentes sobre la cabeza y con una banda lateral presente, que en el caso de la arcoiris en especial, se aprecia más fácilmente en la época de reproducción debido a su iridiscencia (2, 118, 142, 146).

El tracto digestivo se inicia en la boca, la que posee características concebidas para la captura y no para la masticación. Después de ingerido el alimento desciende al estómago a través de las fauces o esófago. En el estómago el alimento se desmenuza realmente, pues se descompone por la acción del ácido y de las enzimas digestivas, así como también por las contracciones trituradoras de los músculos de la pared del estómago. Posteriormente, en un extremo del estómago en unión del intestino delgado, se halla un grupo de sacos ciegos, los ciegos pilóricos. Se encuentran por lo general en número de 30 a 80 y se ubican a través del estómago cuando se abre el pez. - Se hallan recubiertos de una cantidad notable de tejido adiposo blanco, salvo que el pez haya estado en ayuno. Desde el estómago, el alimento pasa por la válvula del píloro, al intestino y a ese nivel hay acción de otras enzimas. Estas desdoblan los alimentos en azúcares, grasas y aminoácidos que los constituyen, atravesando después la pared intestinal, llegan a la corriente sanguínea, que los transporta hasta el hígado. El resto de los alimentos; tales como fibras, cáscaras de caracoles, etc. llegan al intestino grueso y son evacuados como heces. En síntesis, el tubo digestivo está perfectamente diferenciado en esófago, estómago e intestino; su longitud es aproximadamente de $\frac{5}{8}$ del largo total del pez, siendo por --

ejemplo, en una trucha de 50 cm. de longitud, un tubo cercano a los 32 cm (94, 142, 146, 170).

Asociadas al tracto digestivo existen dos glándulas muy importantes, una de ellas es el hígado, situado por delante del estómago. En el hígado las moléculas de los alimentos llegadas a través de la sangre desde el intestino se transforman en proteínas, grasas y carbohidratos del organismo del pez. Sujeta a la parte superior del hígado existe un pequeño saco verdoso, - la vesícula biliar. Al abrirse deja escapar la bilis, que en condiciones normales se vierte en el intestino mediante el con ducto biliar y facilita el desdoblamiento de los alimentos.

La otra glándula digestiva de importancia es el páncreas. Se trata de una estructura muy difusa, que no puede observarse a simple vista debido a que se distribuye en trocitos y fragmentos por toda la grasa que rodea a los ciegos pilóricos. Tiene el páncreas dos funciones; la producción de enzimas pancreáticas que en condiciones normales pasan a través del conducto -- pancreático hasta el intestino y la producción de insulina, -- que controla el metabolismo del azúcar e impide que se produzca la diabetes en el pez (94, 142, 170).

Experimentos.

Fue realizada una investigación para conocer la variación en el número y longitud de ciegos pilóricos y su relación con la digestibilidad de la proteína y grasa, aunado a otras características. Se utilizaron dieciocho grupos completos y seis característicos de trucha arcoiris, de dos y medio años de edad. Los peces se cultivaron en jaulas con agua de mar durante año y medio, alcanzando un peso promedio de 3 Kg. No se encontró un efecto significativo en alguna de las diez fuentes de variación incluidas en el análisis excepto por la longitud del intestino, lo cual tuvo algún efecto sobre la digestibilidad de la proteína y grasa. Ahí hubo una correlación negativa fenotípica entre el número y la longitud del ciego y una correlación positiva con la longitud del intestino, longitud del ciego y la digestibilidad de la proteína. Se encontraron efectos significativos en la longitud del intestino, longitud del ciego y la digestibilidad de la proteína, mientras que no se hallaron efectos significativos en el número de ciegos y la digestibilidad de la grasa. Esto concluye que la variación en el número y longitud de los ciegos no es de importancia para la digestibilidad de la proteína y grasa en la trucha arcoiris (184).

Se investigó la influencia de varios factores medioambientales [cantidad y calidad del alimento, temperatura (6, 11 ó 18°C) y osmolaridad (9 ó 580 mOsm/l)] al actuar simultáneamente en las actividades del aminoácido arilamidasa y la aminopeptidasa alanina (APA) en dos secciones del intestino medio de la trucha - arcoiris. La actividad de APA en la sección proximal, da una - razón del 95% de la actividad total en el intestino medio, en- contrándose afectada por las interacciones del medio ambiente y las cualidades del alimento. La actividad se incrementó con- siderablemente con una proteína alta y una dieta baja en grasa después de la adaptación a 6°C. La actividad de APA varió in- versamente al contenido de proteína dietaria, pero sólo si la trucha se mantenía a temperaturas de 11 a 18°C. Hubo una corre- lación negativa no lineal entre la actividad de APA y el peso corporal de la trucha de 20 a 60 g (122).

Se dió a truchas arcoiris (Salmo gairdneri Richardson) una se- rie de alimentos acidificados, tratados con ácidos clorhídrico, fórmico o sulfúrico para examinar los efectos sobre la activi- dad de la proteasa, el crecimiento y la utilización del alimen- to. Los alimentos acidificados se prepararon mezclando un ali- mento control almacenado en congelación con ensilado de pesca- do elaborado a partir del mismo alimento acidificado con 2.5% (P/P) de ácido clorhídrico, ácido fórmico ó ácido sulfúrico, - respectivamente. Para el ensilado se añadió 0.5% (P/P) de áci- do propiónico como fungicida. Los alimentos experimentales con- tenían 0, 40, 60 y 100% del ensilado de pescado para dar una - concentración final de 0, 1.0, 1.5 y 2.5% (P/P) de cada ácido examinado, respectivamente. El ácido clorhídrico no tuvo un -- efecto aparente sobre el crecimiento o las actividades proteo- líticas en alguna porción del tracto digestivo. El ácido fórm*i*

co en todos los niveles examinados pareció tener un efecto de depresor tanto en el crecimiento como en las actividades proteolíticas. El ácido sulfúrico demostró efectos similares, con la excepción de que la actividad de la proteasa en el estómago no fue deprimida. Los alimentos acidificados demostraron una menor utilización alimenticia en comparación a los de la dieta control, siendo más pronunciado todo esto con el ensilado de ácido fórmico (150).

Se evaluaron los cambios en el moco epitelial y el suero sanguíneo de la trucha de arroyo (Salvelinus fontinalis) y en el moco epitelial de la trucha arcoiris (Salmo gairdneri) durante 56 días de ayuno. Este período fue acompañado por un significativo decremento de la glucosa sérica, colesterol, proteína total, nitrógeno ureico y fósforo total. Las consecuencias metabólicas del ayuno se reflejaron con cambios en la composición del moco, especialmente en la concentración de cetonas del moco. La concentración de cuerpos cetónicos en el moco epitelial, medido como ácido acetoacético, estuvo directamente relacionado con la duración del ayuno. De esta manera, la evaluación de cetonas en el moco epitelial es promisoría para considerar el estado nutricional de los salmónidos (58).

Se investigaron los efectos de administrar Triyodotironina -- (T3) en los niveles de Tiroxina (T4) en la trucha cabeza de acero; en la Piscifactoría Nacional Coleman durante dos periodos consecutivos de muda en 1982 y 1983; y en las Piscifactorías Puerta de Hierro y Cabeza de Acero en 1983, en relación con los patrones estacionales de los niveles de tiroxina plasmáticos durante la muda. En 1982 en la Piscifactoría Coleman se alimentaron truchas cabezas de acero con una dieta suplementaria de T3 (12 ppm) y una dieta control durante el periodo de un mes en etapas tempranas. En 1983, en la misma piscifactoría se alimentaron truchas con niveles muy bajos de T3 (8 ppm) durante 3 meses. En la piscifactoría Puerta de Hierro la alimentación con T3 (8 ppm) empezó el 11 de febrero y continuó hasta el 12 de mayo de 1983. Se midieron con radioinmunoensayo los niveles de T3 y T4 en el plasma. En la piscifactoría Coleman en 1982 y 1983, los peces alimentados con T3 y los de la dieta control sobrellevaron un aumento en T4 en las mismas fechas, a mediados de febrero y a finales de enero respectivamente. Las truchas en la piscifactoría Puerta de Hierro no presentaron aumento en la T4 durante el estudio. Las elevaciones de tiroxina asociadas con la muda han sido observadas en la coincidencia al tiempo de luna nueva en varias especies de Oncorhynchus; los picos de T4 en este estudio no coincidieron con la luna nueva. En ambos años en la piscifactoría Coleman, la elevación de T4 coincidió con la época de lluvias fuertes resultando en una alta turbidez del agua. En 1982, como una posible consecuencia de una retroalimentación negativa, las truchas alimentadas con T3 mostraron niveles menores de T4 antes de la presencia del pico de T4. En 1983 estos niveles disminuidos no fueron evidentes en ninguna de las piscifactorías debido posiblemente, a los bajos niveles de T3

usados en la dieta. La alimentación de T3 no redujo la altura del pico de la elevación de T4 en la piscifactoría Coleman, - más bien, pudo haberla acentuado. No hubo adelanto en el tiempo de la elevación de T4 como un resultado del consumo de T3. Fueron medidos los niveles de T3 en ambas piscifactorías en - 1983; las truchas alimentadas tuvieron generalmente niveles - mayores de T3 en comparación a los de dieta control (95). Se desarrollaron experimentos con trucha arcoiris (Salmo --- gairdneri) para determinar la evaluación del paso de los ali-
mentos a través del tracto digestivo, antes y después de un - alza en la temperatura del medio ambiente desde 9-10°C a los 18°C en un día. Fue analizada la velocidad del paso sobre el grado de excreción, con un marcador (Cr_2O_3) incorporado a la dieta. En el primer experimento, con truchas de peso cercano a los 80 g, el tiempo medio de retención (MRT) (Castle, 1956) y el tiempo medio de tránsito (MTT) (Zierler, 1958) de la mar-
ca inició a los 9°C; con valores de aclimatación (34 horas pa-
ra MRT y MTT), declinando antes del primer día, después del - cambio de temperatura (24 y 26 horas, respectivamente) y al-
canzó los 18°C de valores de aclimatación (19 y 21 horas, res-
pectivamente) en 4-7 días. En el segundo experimento, con tru-
chas de peso cercano a los 140 g, el modelo de respuesta de - MRT y MTT al incremento de temperatura fue similar al observa-
do en el primer experimento: estos fueron 27 y 29 horas a ---
10°C, 16 y 19 horas en un segundo día después del cambio de -
temperatura, y 13 y 15 horas después de la aclimatación a los
18°C, respectivamente. Esos cambios relacionados con la tempe-
ratura medioambiental fueron independientes de cualquier in-
cremento en el consumo de alimento. Las diferencias en la eva-
luación del paso de una marca entre los dos experimentos pu-
dieron ser atribuidas al elevado peso corporal y al consumo -

de alimento en el segundo experimento. En éste mismo, se analizó la excreción del Cr_2O_3 de las heces a través de cuatro modelos de división; estómago, intestino anterior y posterior, y heces. Se calculó de acuerdo al modelo, el grado de evacuación de los marcadores en cada compartimento del tracto digestivo. Todos los compartimentos fueron afectados por el incremento de la temperatura. Hubo una aceleración transitoria de la velocidad del paso, observada principalmente en el estómago. Esas alteraciones fueron llevadas a cabo durante ocho días después del cambio de temperatura y se concluyó que esa aclimatación a la nueva temperatura se efectuó en una semana (47).

b) Proteínas.

El principal objetivo del cultivo de peces es producir carne -- de pescado y las proteínas forman la porción orgánica mayor -- del cuerpo de los peces y otros animales, además de que propor-- cionan los bloques de construcción para el crecimiento y la re-- paración de los tejidos (94, 107, 109, 185).

Las proteínas son moléculas complejas, compuestas por cadenas polipeptídicas, formadas por aminoácidos constituidos princi-- palmente de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.

Pueden servir las proteínas como un recurso de energía para -- los peces, pero aproximadamente el 16% de éstas es nitrógeno -- que no puede ser usado para energía, por lo que la proteína no es eficaz recurso para los peces. Sólo son usadas para propor-- cionar energía a los peces si los otros nutrimentos son insufi-- cientes (como los lípidos y los carbohidratos). Además el uso de las proteínas como fuente de energía no es costeable por-- que es el nutriente más caro de una dieta.

Se considera como un buen alimento balanceado, al que contiene del 36 al 51% de proteína, dependiendo de la edad y el estado de desarrollo de la trucha (119, 185).

Con respecto a los aminoácidos, se han identificado 18, de los cuales 10 son esenciales en la alimentación de la trucha y de otros peces. Los restantes 8 se pueden formar en el cuerpo o -- no ser requeridos. Los considerados esenciales son: Arginina, isoleucina, lisina, fenilalanina, triptofano, histidina, leuci-- na, metionina, treonina y valina. Es importante proporcionar -- éstos aminoácidos al pez, ya que es incapaz de sintetizarlos -- (94, 107, 119, 141, 185, 202).

El valor de la proteína para el crecimiento está regulado por su calidad, esto quiere decir que la mejor proteína es la que

proporciona al animal con exactitud las necesidades cuantitativas y cualitativas de los aminoácidos esenciales.

En las dietas para trucha, la harina de pescado y otras proteínas de origen animal tienen valores de calidad más altos que las proteínas de origen vegetal. Para balancear una dieta se usan varias fuentes de proteína para proporcionar un efecto complementario en donde una proteína con un gran porcentaje de aminoácidos puede suplementar a una proteína con una baja cantidad del mismo aminoácido (109, 112, 141, 185).

Sin embargo, se ha observado que si faltan en la dieta los aminoácidos lisina, triptofano y metionina, se afecta el crecimiento de los peces, por lo que se les considera a éstos elementos como aminoácidos limitantes (185).

La digestión divide a las proteínas en aminoácidos. Estos pasan entonces a través de la pared intestinal a la corriente sanguínea. Son transportados al hígado y a otras células del cuerpo donde son reconstruidos en proteínas de varios tipos. Las proteínas son utilizadas principalmente en el crecimiento. El exceso de proteínas se aprovecha como alimento energético o se deposita como grasa (94, 107, 119, 202).

La trucha, el salmón y el bagre pueden usar más proteína que la necesitada para el crecimiento máximo debido a su eficiencia en eliminar los desperdicios de nitrógeno en forma de componentes de amoníaco soluble, por medio de las agallas lo expulsan directamente en el agua. Este sistema para eliminar nitrógeno es más eficiente que el de aves y mamíferos. Estos consumen energía en la síntesis de urea, ácido úrico y otros compuestos de nitrógeno, los cuales son excretados directamente por medio del tejido renal y expulsados en la orina (107, 202).

Experimentos.

El propósito de ciertos experimentos fue medir el incremento del calor (IC) asociado con la alimentación de una dieta completa para salmónidos y purificada en grasas, proteínas y carbohidratos. La alimentación que se dió fue medida en sus valores y la producción de calor se registró mediante calorimetría directa. Fue observado el incremento en la producción de calor alrededor de 30 minutos después de haber alimentado y permaneció elevado entre 1 y 5 horas, dependiendo de la cantidad y el tipo de materia alimentada. El incremento de calor de la proteína fue mucho más bajo con los peces que con los mamíferos y se valoró al 5% de la Energía Metabolizable (EM). El IC de carbohidratos y proteínas no fue significativamente diferente de cada uno de los otros, pero ambos resultaron más altos que de las grasas. Cuando se alimentó con dietas completas, el IC fue 3% de la EM. La energía neta de la proteína es alta tanto para peces, como para aves o mamíferos. Una mayor parte de la eficiencia superior energética de los peces es debida al bajo costo de energía de la proteína metabólica. El IC de la alimentación, la que se elevó con la producción de calor posterior al consumo de alimento por animal, considera hasta un 30% de la ingestión de EM en mamíferos y aves (164). Se estudió la influencia de la edad-peso de truchas arcoiris (Salmo gairdneri), alimentadas con una dieta al 37.5% de proteína-caseína, sobre la utilización digestiva y metabólica de la proteína. Respecto a la eficacia digestiva, la edad no parece tener influencia sobre los coeficientes de digestibilidad aparente y real de la proteína. Por otra parte, el valor biológico, la utilización neta de la proteína y el valor productivo de la proteína disminuye en la medida que aumenta la edad-peso de los animales, existiendo una correlación signifi

ficativa ($P < 0.001$) entre éstos parámetros y la relación edad-pe-
so. También disminuyen el consumo relativo, el incremento de peso
y la proporción eficiente de la proteína, al aumentar la relación
edad-peso de los animales (51).

Se estudio en truchas arcoiris de períodos de crecimiento compren-
didos entre 0 y 15 g de peso, el efecto de cuatro dietas secas --
distintas, denominadas A, B, C y D, como se indica a continuación:

Ingredientes	Dietas (%)			
	A	B	C	D
Harina de pescado (anchoveta)	70.0	54.7	35.5	20.5
Aceite vegetal	4.1	3.8	8.0	6.0
Trigo molido	24.4	40.0	20.0	15.0
Gallinaza	--	--	20.0	15.0
Harina de sangre (bovino)	--	--	15.0	12.0
Harina de soya	--	--	--	30.0
Premezcla vitamínica	0.5	0.5	0.5	0.5
Premezcla mineral	1.0	1.0	1.0	1.0

Se midieron y analizaron ganancia de peso, conversión alimenticia
y mortalidad; así como las posibles alteraciones patológicas que
dichas dietas pudieran provocar. Se hizo también una estimación -
de los costos. En el diseño de las dietas C y D se utilizó galli-
naza y harina de sangre. Los resultados indicaron un crecimiento
estadísticamente semejante para las dietas A, B y C (3.92-16.47 g;
3.95-15.00 g y 9.38-15.25 g, respectivamente) siendo significati-
vamente menor el de la dieta D (4.03-10.75 g). Algo similar se --
dió con las conversiones alimenticias de cada una de ellas (3.94;
4.05; 4.30 y 5.67, respectivamente). La mortalidad fue mínima en
los cuatro grupos y en ninguno de ellos se manifestaron cuadros -
patológicos. En cuanto a los costos, las dietas C y D resultaron
más económicas, concluyéndose que sería posible obtener dietas de
buen rendimiento a un menor costo para alimentar truchas en culti

vo artificial, al menos durante el período de alevinaje, y utilizando en su preparación subproductos agropecuarios (52).

Con el fin de determinar el nitrógeno total y el coeficiente de digestibilidad de la proteína de las excreciones fecales de truchas arcoiris, éstas se recolectaron en cámaras metabólicas. En este método de colección la excreción diaria se suspendió al completar casi un litro de agua. Las alícuotas en suspensión se separaron en fracciones sólidas y líquidas mediante la sedimentación, centrifugación o el filtrado. Se analizó el nitrógeno total de las fracciones sólidas y líquidas y de la suspensión separada. El coeficiente de digestibilidad de la proteína se calculó en base a los sólidos y en suspensión total. Más de la mitad del nitrógeno fecal se encontraba en fracción líquida. El coeficiente de digestibilidad de la proteína se basó exclusivamente en los sólidos cercanos a los 10 puntos de porcentaje y no en los basados en la suspensión total, aparentemente porque hubo una filtración cuando la materia fecal se expuso al agua. Asimismo, fue registrada la digestibilidad y la energía metabolizable de 55 ingredientes de la dieta, obtenida por el método de una cámara metabólica (163).

Se determinó el contenido de aminoácidos en huevos de arenque báltico y de trucha arcoiris. El modelo de aminoácidos con ácido glutámico, leucina, ácido aspártico, lisina y alanina como componentes mayores, resultó generalmente uniforme en ambos huevos sin considerar su grado de madurez. Los aminoácidos esenciales promediaron 35.6 y 37.5 g/100 g de proteína en huevos de arenque y trucha respectivamente, y tuvieron un balance adecuado en comparación con las recomendaciones de la FAO/WHO. El aminoácido limitante en los huevos de trucha fue el triptofano, y en huevos de arenque resultó ser el contenido total de aminoácidos azufrados. Los valores de aminoácidos registrados fueron 90.0 y 80.0 -

del contenido de proteína en los huevos de trucha y arenque respectivamente (76).

Se incorporó en dietas de trucha arcoiris una sencilla célula - proteica (SCP) de bacterias metanoflicas originales, a niveles crecientes, en substitución de la harina de pescado. Se observaron durante un período experimental de 16 semanas las características del crecimiento de la trucha arcoiris alimentada con esas dietas, con o sin suplementación de aminoácidos azufrados (AAA). Los resultados indican en apariencia que la proteína nueva puede reemplazar aproximadamente un 80% de la harina de pescado sin haber efectos adversos en el rendimiento. Fue afectada adversamente la ingestión de alimento cuando la SCP era la mayor fuente proteica. Se encontró que la digestibilidad de la proteína se incrementó con la incorporación de niveles altos de la SCP. Se observaron también los efectos de una adición de aminoácidos azufrados (L o DL-metionina o L-cistina), en dietas con un 14% de SCP o sin SCP. La suplementación de esas dietas con los diferentes AAA disminuyó el crecimiento de la trucha en diversos grados. Se encontró que la L-cistina tuvo un mayor efecto depresivo que la L-metionina, la que en su turno ejerció un efecto más extenso que la DL-metionina. Esos resultados se discutieron a la luz de datos recientes acerca de las necesidades de AAA en la trucha arcoiris. Este estudio reveló que la substitución total de harina de pescado en las dietas para trucha es viable, y que no había necesidad de una suplementación posterior con AAA del tipo de componentes de las dietas usadas en esta investigación (152).

Fue investigada la utilización de la proteína de las dietas para trucha arcoiris determinando el balance del nitrógeno. Los peces se alimentaron con tres dietas experimentales que contenían diferentes niveles de proteínas y carbohidratos (74% de proteína/9% de carbohidrato; 58%/26% y 32%/53%). La retención de nitrógeno fue determinada mediante el consumo de oxígeno y las pérdidas del mismo en el pez. Se describe en este trabajo la excreción del nitrógeno, la retención del mismo, la eficiencia de la proteína total y la conversión alimenticia. La excreción del nitrógeno aumentó con el incremento proteico y la disminución de carbohidratos en la dieta. De igual manera, la retención del nitrógeno se incrementó cuando los peces fueron alimentados con una dieta más rica en proteínas. La eficiencia de la proteína bruta fue la más alta (y casi la misma) con las dos dietas que contenían niveles mayores de proteína, mientras que la dieta baja en proteína pero rica en carbohidratos fue causa de una menor eficiencia proteica. La conversión alimenticia fue mayor con las dos dietas de elevados niveles proteicos, pero menor con la dieta más baja en proteínas. Los resultados obtenidos en este estudio con diferentes grupos de peces, cada uno alimentado con una dieta, fueron prácticamente idénticos a los resultados de un grupo de peces alimentados con dietas distintas (151).

Se estudiaron los efectos de la variación en la calidad y la cantidad de la proteína dietaria en ciertas enzimas tisulares de trucha arcoiris. Durante 9 semanas las truchas recibieron dietas que contenían proteínas de diferente calidad (harina de pescado, caseína y gluten de maíz) con niveles de proteína y energía de 26 a 74% del total de la energía metabolizable. Se detectaron en el primer experimento las actividades de cierto número de enzimas, pero sólo la serina piruvato transaminasa - hepática (SPT) cambió su actividad en respuesta a los tratamientos dietarios, al elevar sus niveles de proteína y energía. En el segundo experimento, al comparar enzimas glicolíticas y gluconeogénicas, se midieron las actividades de la piruvatoquinasa (PQ) y la fosfoenolpiruvato carboxiquinasa (FEPCQ); la fosfofructoquinasa (FFQ) y la fructosa difosfatasa (FDF). Las actividades de la enzima gluconeogénica se relacionaron positiva y significativamente con los niveles de proteína y energía; por su parte las enzimas glicolíticas se relacionaron negativa y significativamente con éste parámetro con las 3 proteínas. No hubo una relación compatible entre el supuesto punto de equilibrio de las actividades enzimáticas de comparación y la ganancia máxima de peso para las 3 proteínas. Se sugiere que las actividades hepáticas de las SPT, FFQ, PQ, FDF y FEPCQ proveen índices de utilidad en los estados proteicos de la trucha (35).

Apropiadas y simples medidas sobre la utilización de la proteína dietaria del pez son REP (Relación de la Eficiencia Proteica) y VPP (Valor de la Producción Proteica). La utilización de la proteína depende esencialmente de la especie del pez, la talla, los factores medioambientales, la calidad de la proteína, el nivel de proteína dietaria y el de la energía utilizable en la dieta, el tipo de fuente energética y la can-

tividad del alimento. A partir del conocimiento presente, esto viene a demostrar que especies importantes de peces como la trucha arcoiris y la carpa no son inferiores con respecto a la utilización de la proteína dietaria en comparación con los animales terrestres. Las relaciones descritas se deben considerar en la Acuicultura. Además de las vitaminas y los ácidos grasos esenciales, la proteína es considerada como un componente muy importante en las dietas para peces. Su calidad y cantidad tienen una influencia decisiva sobre el crecimiento de éstos, provistas desde luego, las restantes necesidades fisiológicas de los organismos (169).

Durante 18 semanas se alimentó a juveniles de trucha arcoiris con nueve dietas semipurificadas que contenían una tasa de proteína/energía de un rango de 73 a 162 mg de proteína/kilocaloría. Se dió en cada ración y en tres niveles, una mezcla de caseína gelatinizada (70-30) y aceite de arenque, en un ensayo factorial. De cada uno de los niveles de caseína gelatinizada (36, 44 y 53%), se alimentó a cada nivel de grasas (8, 16 y 24%). Se añadió almidón de maíz a expensas de la mezcla de caseína gelatinizada para balancear los niveles de proteína dietaria. Con la ingestión calórica regulada por el consumo de alimento, excepto en las dietas bajas en grasa y proteína, no hubo diferencias significativas en las ganancias de peso, aunque si bien las conversiones energéticas y alimenticias tuvieron una influencia especial. Las tasas más altas de proteína/caloría guardaron una correlación positiva con la talla hepática, el nivel de azúcares hepáticos, el porcentaje de grasa corporal y el porcentaje de proteína corporal; así como una correlación negativa con el porcentaje de lípidos hepáticos, tamaño del tracto gastrointestinal y ganancia/gramo

de proteína ingerida. Esas correlaciones se observaron con tasas similares de proteína/caloría, a pesar de los niveles dietarios de proteína y lípidos (93).

Fue estudiado el metabolismo de la metionina en la trucha arco iris con dietas que contenían distintos niveles de metionina y cistina. Los datos de crecimiento indicaron que las necesidades de metionina fueron de 0.5 a 1% de dieta seca en la ausencia de cistina dietaria, pero un 0.5% fue adecuado cuando la cistina dietaria era del 2%. En los peces alimentados con dietas deficientes en el contenido de aminoácidos azufrados, se encontró una elevación en las actividades hepáticas de la glutatión reductasa, mientras que los niveles de glutatión peroxidasa y glutatión no se afectaron. Las concentraciones de metionina y cistina (18 horas después de la alimentación) fueron afectadas por la metionina dietaria, pero la cistina dietaria tuvo un leve efecto. La cistina aparentemente fue convertida a taurina en el hígado. En los peces se inyectó por vía intraperitoneal metionina marcada con carbono 14 en los radicales carboxilo y metilo; después de 24 horas los grupos carboxilo se oxidaron más que los metilo y se incorporaron más a las proteínas. Sin embargo, muchos más de los grupos metilo se incorporaron a la fracción de los lípidos. Los resultados sugieren la operación de la transulfuración como una vía del catabolismo de la metionina. La oxidación de la metionina fue relacionada a su concentración en los tejidos, y en menor parte a la cistina dietaria. A los 28 días del experimento en el metabolismo de la metionina inyectada, fue demostrado que su cambio era lento, y que mucha de su radioactividad fue asociada con la proteína (190).

Se estudiaron las necesidades de metionina y cistina de la trucha arcoiris (Salmo gairdneri) con suplementación de un 35% de proteína semipurificada, con una dieta básica de esos aminoácidos a niveles graduales, en una designación factorial. En el experimento 1 (el peso promedio inicial por pez fue de 1.5 g), con niveles de metionina de 0.30, 0.45 y 0.60%; y los de cistina eran de 0.04, 0.15, 0.30, 0.45 y 0.60%; del total de la dieta. En el experimento 2 (el peso promedio inicial por pez fue de 8.8 g), con niveles de metionina de 0.55, 0.75 y 0.95%; y de cistina con 0.04, 0.08, 0.12, 0.16, 0.24 y 0.32%. La necesidad de metionina fue valorada entre 0.55 y 0.75% en presencia de una dieta adecuada en cistina, y los requerimientos de cistina fueron cercanos al 0.30% con una dieta marginalmente deficiente en metionina. Las necesidades para ambos aminoácidos -- azufrados fueron, por lo tanto, de 0.85 y 1.05 de la dieta ó de 2.50 y 3% de la proteína. La eficiencia molar de la conversión de metionina dietaria a cistina fue la más alta (80%) --- cuando la dieta fue deficiente en metionina; ésta eficiencia -- disminuyó, conforme los niveles de metionina dietaria se incrementaban. Asimismo, no se observaron las cataratas bilaterales en la trucha que son causadas por deficiencia de metionina, al haber una carencia de cistina (149).

Se realizaron dos experimentos para determinar la concentración necesaria del triptofano dietario para un crecimiento óptimo y la sobrevivencia de crías de trucha arcoiris (Salmo gairdneri), al caracterizar los signos de una deficiencia de triptofano e investigar los efectos provocados por una deficiencia de niacina. Las dietas de prueba contenían caseína hidrolizada o intacta y se suministraron con niveles graduales de L-triptofano (0.0, 0.25, 0.50, 0.75 y 1.0 g/100 g de proteína). El crecimiento máximo se dió a los 0.75 y 0.50 g de triptofano.

tofano, en los peces alimentados con caseína hidrolizada e intacta, respectivamente. Los cambios en las mezclas de aminoácidos y minerales en la dieta de caseína intacta produjeron un balance catión-anión (Na + K - Cl) de + 15.3 meq/100 g de dieta y un pH de 6.44; comparado con un balance de - 21.3 y - 25 meq, y un pH de 5.8 y 4.4 que no modificó las dietas de caseína intacta e hidrolizada, respectivamente. El análisis del crecimiento por la función de regresión polinomial, es como sigue: $Y = 0.16 + 0.429 X - 0.26 X^2$, en donde Y = ganancia diaria promedio en gramos, y X = gramos de triptofano aumentado/100 g de proteína; prediciendo que al menos 0.58 g de triptofano fueron necesarios para una ganancia máxima de peso. El análisis de una patología aparente en los peces por la función es: $Y = 34.33 + 147.33 X - 83.87 X^2$, en donde Y = porcentaje sin signos de deficiencia, y X = gramos de triptofano aumentado; prediciendo que 0.63 g de triptofano/100 g de proteína fueron necesarios para obtener resultados óptimos en salud. La supresión de la niacina no afectó la respuesta al triptofano en los peces (124).

Se realizaron por separado dos ensayos alimentarios usando un grupo de truchas arcoiris de la Universidad de Washington, para determinar los efectos del nivel de proteína dietaria, el grado de la ración y la temperatura del agua durante el período de desarrollo de la gónada en la etapa previa al desove y el rendimiento reproductivo. Durante un lapso de ocho meses de desove se probaron cuatro dietas isocalóricas con 27, 37, 47 ó 56% de proteína para alimentar en grupos separados de 1973 crías y otros cuatro grupos de 1974 crías que se cultivaron en un diseño de clasificación opuesta con dos temperaturas en el agua, fría y caliente; y dos tipos de raciones, alta y media (como un porcentaje del peso corporal por día. Fueron medidos la longitud, el peso, el factor de condición, la conversión alimenticia, la utilización calórica, la proporción de eficiencia proteica, la mortalidad previa al desove, el tiempo y la duración del mismo, la producción de huevos, el tamaño de éstos y la sobrevivencia de los embriones. Con todo esto se determinaron los efectos del nivel de proteína dietaria, el nivel alimentario y la temperatura del agua en el crecimiento previo al desove, la eficiencia alimenticia y el rendimiento reproductivo. La necesidad de proteína dietaria para un máximo crecimiento fue entre el 37 y 47% de una dieta con 3.8 Kcal/g de energía metabolizable (en base seca). Con los niveles elevados de proteína dietaria disminuyeron la utilización calórica, la conversión alimenticia y el grado de eficiencia proteica. Los niveles de proteína dietaria no afectan la mortalidad previa al desove, el desove mismo o la duración de éste. Tampoco tienen un efecto significativo sobre el número absoluto o relativo de los huevos eclosionados, la talla relativa del huevo o la sobrevivencia del embrión. El crecimiento máximo se logró con raciones alimentarias abundantes (sobre-alimentación) en condiciones de agua caliente. El alimento y la

proteína utilizadas para el crecimiento resultaron óptimas con las raciones altas en el agua caliente, incrementándose la mortalidad previa al desove. La temperatura del agua o el nivel alimentario no afectaron el desove, pero el alimentar con raciones medias incrementó la duración del desove, así como el uso del agua caliente demora el tiempo de éste. La fecundidad relativa aumentó con la alimentación media, en el agua caliente. En el agua fría se elevó la talla relativa del huevo, con una alimentación media. El agua caliente y la alimentación alta tuvieron efectos nocivos sobre la sobrevivencia del embrión, por su acción en la medida del huevo. También el grado de la ración tuvo un efecto independiente sobre la sobrevivencia del embrión (145).

Se condujo un experimento con capas de filetes de bacalao de -- Alaska congelado (Theragra chalcogramma), un pez bajo en grasa y la caballa del Pacífico (Pneumatophorus japonicus), alta en -- grasas; los cuales fueron calentados durante 20 minutos a intervalos de temperatura oscilante de 40 a 115°C, mostrando un decremento lineal en el contenido de grupos -SH (sulfhidrilo), y un incremento concomitante de la presencia de enlaces S-S (disulfuro), de 50 a 115° C. A los 95° C, la reacción fue rápida y alcanzó un equilibrio después de los 20 minutos. Esos experimentos indicaron que temperaturas mayores de 50° C, fueron necesarias para la transformación oxidativa de los grupos -SH a los -- enlaces S-S. Calentando a 115° C se provocó una pérdida en la -- cistina más la cisteína. Calentando a 95° C, y desecando se dió lugar a la formación de enlaces S-S desde los grupos -SH y se -- redujo la digestibilidad de las proteínas y los aminoácidos -- cuando se dió alimento a la trucha arcoiris (Salmo gairdneri), en comparación con la proteína de pescado crudo. La congelación en seco no afectó la digestibilidad, y no se encontró una forma

ción de enlaces S-S. Se supone que el calor inducido desde la oxidación del -SH a los enlaces cruzados S-S, causó una reducción en la digestibilidad de las proteínas y los aminoácidos, en las pruebas de desecado. El efecto del calentamiento sobre la digestibilidad fue mayor en el bacalao bajo en grasas, que en la caballa alta en éstas (113).

Fue usado como parámetro de un procesamiento adecuado para la harina de soya el índice de dispersibilidad de la proteína -- (IDP); el porcentaje de proteína total disuelta en agua de mala calidad, en condiciones ideales y que fue relacionada con la cantidad a la que se expuso la harina de soya durante la -- producción. Esta fue usada en dietas de iniciación para trucha café (Salmo trutta), durante un período de 112 días. Los peces alimentados con harina de soya, a un 15% de su peso vivo, y -- con IDP de 11 ó 20 tuvieron una ganancia de peso mayor que los que recibieron harina de soya de un IDP de 70 u 88; y con un -- rango de mortalidad casi nulo en comparación a los alimentados con una dieta de harina de soya de un IDP de 88. La conversión alimenticia (gramos de alimento/gramos de ganancia) fue mejor para los alimentados con dietas de harina de soya de un IDP de 20, intermedio para los peces alimentados con dietas de harina de soya con un IDP de 11 ó 70, y muy malo para los alimentados con harina de soya de un IDP de 88. Las evaluaciones del IDP -- son una medida útil de los valores nutricionales de la harina de soya, en una dieta de iniciación para trucha (135).

Se alimentaron a truchas arcoiris (Salmo gairdneri) de un peso inicial de 2.1 g con una dieta alta en proteínas y grasas, o -- una dieta baja en proteínas y grasas; en tres niveles alimentarios (basados en constantes de criadero de 10, 20 ó 30) durante 308 días. La dieta alta en proteínas y grasas dada en -- proporciones intermedias produjo la combinación óptima para el --

crecimiento del pez, la condición y el peso adecuados; y una adecuada eficiencia alimenticia por costo unitario. La dieta afectó la composición corporal del pescado: a medida que se incrementó el porcentaje de grasas y de proteínas dietarias, el porcentaje de grasas aumentó; y a medida que se incrementaba el nivel alimentario, se elevó el porcentaje de grasas y proteínas, disminuyendo el grado de humedad y de cenizas (133).

Se estudió el efecto de la reacción de oscurecimiento de Maillard, y la disponibilidad de aminoácidos en la dieta de la trucha arcoiris (Salmo gairdneri) en crecimiento. Los métodos de hidrólisis química y enzimática se aplicaron para la detección de la pérdida de aminoácidos, en un modelo de oscurecimiento de proteínas. La arginina y la lisina demostraron las pérdidas más grandes en la mezcla de proteína de pescado aislada, y la glucosa permaneció durante 40 días a 37°C. La digestibilidad aparente y la absorción de aminoácidos individuales, particularmente la lisina, fueron más bajas en las truchas alimentadas con proteínas de oscurecimiento que en aquellas alimentadas con la proteína control. Los niveles de lisina en plasma fueron significativamente bajos, mientras que los de la glucosa en plasma y muchos otros aminoácidos se elevaron con relación a la pérdida de valores nutritivos de la proteína dietaria, después del oscurecimiento. La reacción de Maillard temprana derivada de la lisina y la ϵ -deoxy-fructosil-lisina, fue recuperada de la proteína del oscurecimiento (usando el procedimiento de hidrólisis enzimática) y del plasma de truchas alimentadas con proteína del oscurecimiento. El análisis de los aminoácidos libres del plasma proporcionó una indicación de lisina biodisponible e identificó a la lisina como el primer aminoácido limitante de las dietas que contienen proteína oscurecida (121).

La selección de peces para uniformar su peso corporal ha permitido bioensayos para la calidad de la proteína, los cuales se han desarrollado en un período de 3 semanas con un número pequeño de peces. Las proporciones en las respuestas lineales de la ganancia de peso para los niveles calificados de consumo de proteína, dan unas comparaciones prácticas en la calidad de la fuente de proteínas. El uso de diferentes concentraciones proteicas en la dieta a examinar puede indicar respuestas a factores distintos de aquellos asociados con la proteína específica. La técnica inclinación-proporciones se prestó para las estimaciones simultáneas de la eficiencia relativa de la utilización de energía y proteína, resultando importante en la evaluación de los concentrados proteicos (97).

Durante 10 semanas, un grupo de truchas en la etapa de cría (dedines), recibieron una dieta básica que contenía caseína cuajada o una fuente de proteína superior, concentrado de proteína de pescado. Los suplementos de harina de pluma o harina de sangre incrementaron el crecimiento y la eficiencia alimenticia. La proteína hidrolizada resultó útil sólo cuando se añadió a la dieta básica de caseína, y el contenido ruminal también incrementó el crecimiento. Otros estudios de reemplazos también confirmaron el valor de la harina de pluma, la cual dió mejores resultados que la harina de sangre o la proteína hidrolizada. Las dietas que contenían un 20% de contenido ruminal (6.7% de proteína dietaria) deprimieron el crecimiento, la eficiencia alimenticia y la energía digestible (73).

Se alimentó a truchas arcoiris con una dieta control de 40% de proteína cruda, 32% de concentrado de proteína de pescado y 8% de concentrado de soya, observándose que la utilización de subproductos avícolas puede reemplazar en una proporción superior

al 13% al concentrado de proteína de pescado. La harina de cuero en una cantidad superior del 6-7%, se pudo usar sin efectos nocivos. Las proteínas de algas resultaron en apariencia, de una pobre utilidad. El control del crecimiento y la eficiencia alimenticia mejoraron con un 10% de contenido ruminal seco --- (44).

Fue destinado un estudio a la comparación de la digestibilidad aparente de las biomásas de larvas de quironómidos, dáfnidos y gamáridos en la trucha arcoiris; así como la caracterización de los perfiles de aminoácidos en cada una de éstas fuentes -- alimenticias. Se alimentó a la trucha arcoiris dos veces por - dfa con una dieta de referencia (91.5% de harina de pescado) y otras tres dietas que contenían 30% de quironómidos, dáfnidos o gamáridos con el 70% de la dieta de referencia (en base a su peso seco). Fueron determinados en las dietas y en las heces - la materia seca, la proteína cruda y el contenido de energía - del óxido crómico; siendo establecida la composición de los -- aminoácidos del alimento. La digestibilidad de la energía de-- mostró valores decrecientes con respecto a la dieta de referen- cia con dáfnidos, quironómidos y gamáridos (89.7, 80.6, 73.6 y 65.3%, respectivamente). Los resultados fueron esencialmente -- los mismos para la proteína cruda; los dáfnidos y los quironó- midos dieron el mismo coeficiente de digestibilidad aparente - (82.6 y 83.6%, respectivamente) (105).

El presente estudio dió validez a un método para la colección automática de heces de los peces, mediante la comparación de datos de digestibilidad obtenidos por métodos directos (colección total de heces) e indirectos (marcador de óxido crómico). Seis grupos de trucha arcoiris se alimentaron sucesivamente con cua- tro dietas peletizadas, tres de las cuales contenían 30% (en pe

so seco) de larvas de quironómidos, dáfidos o gamáridos. Los coeficientes de digestibilidad aparente se calcularon por métodos directos e indirectos para la materia seca, proteína cruda y el contenido de energía. Los resultados fueron idénticos en ambos métodos con las dietas de dáfidos y gamáridos. El método directo proporcionó un coeficiente de digestibilidad significativamente alto para una dieta de referencia y la de quironómidos. Es posible obtener una cantidad confiable en la digestibilidad con el método directo, con algunos tipos de dietas, utilizando un colector automático de heces para peces (106).

En truchas arcoiris alimentadas con pasta de girasol, harina de maíz y gluten de maíz; suplementando con 0.7, 1.0, 1.5 ó 2.0% de lisina para reemplazo de la harina de pescado, se encontró que resultaron decrecientes el total del peso vivo ganado, el porcentaje ganado y el peso vivo final. En la suplementación con lisina, el nivel de 1.5% fue el mejor. La ingestión de alimento fue baja en los grupos que recibieron 0.7 ó 2.0% de lisina. No hubo diferencia entre los otros grupos suplementados con lisina y los del control. La alimentación experimental resultó de 26 a 32% más costeable que la ración control de harina de pescado. No hubo diferencias de los grupos en la condición; la talla del tracto digestivo, o en materia seca, proteína cruda, grasa cruda o las cenizas de la carne del pescado (42).

En otra investigación se registró la tasa de excreción del nitrógeno amoniacal entre las 9:30 y las 15:00 horas a diario en tres estanques, cada uno de los cuales concentraba a 90 crías de trucha arcoiris de diferente línea. Todos los peces se alimentaron con concentrado para salmónidos de porcentaje fijo en el peso corporal, con uno diario durante 4 días. Los picos de las tasas de excreción (Y_{max} , como $\text{mg NH}_3\text{-N/Kg}$ de peso corporal/g de dieta consumida) fueron: Sun Valley, 0.30; Pennask, -

0.44 y Premier, 0.31. El orden de la eficiencia en la retención de proteína dietaria fue: Sun Valley > Premier > Pennask. Este resultado concuerda con el rango de retención de proteína determinado en otros experimentos de crecimiento. Abarcando un período de adaptación a la dieta de 4 días, y un período de ensayo en estanques abiertos de 4 días, esta simple técnica es aplicable para la selección genética de peces con mayor eficiencia en la utilización de la proteína (102).

Se realizó un estudio con diferentes niveles de triptofano en el crecimiento y metabolismo de truchas arcoiris, por lo que se emplearon grupos de éstas (con peso promedio de 14 g) y recibieron durante 12 semanas, las siguientes cantidades de triptofano: 0.8, 1.3, 2.0, 3.0, 4.0 ó 6.0 g/Kg de dieta. Mediante el análisis de los resultados del crecimiento, las necesidades dietarias de triptofano se establecieron de 2-5 g/Kg de dieta (equivalente a 50 mg/Kg de biomasa por dieta). El dióxido de carbono expirado por la trucha, en respuesta posterior a una inyección intraperitoneal de triptofano marcado con carbono 14 en un radical carboxilo, contenía poca radioactividad cuando el nivel de triptofano era bajo, pero aumentó rápidamente cuando se incrementó el nivel de triptofano a 2.0 g/Kg de dieta. El punto abierto en la curva de respuesta a la dosis no se hizo, sin embargo, coincidió con los resultados del crecimiento. Los cambios en las concentraciones del triptofano libre en sangre e hígado y la actividad del triptofano pirrolasa hepático, en respuesta a los cambios de concentración de triptofano dietario, no proporcionaron indicadores confiables para las necesidades dietarias cuantificadas. La situación es diferente en mamíferos, el triptofano en la sangre no ligó las proteínas a un nivel apreciable. El triptofano pirrolasa de la trucha demostró cier-

tas propiedades, las cuales sugieren no tener una forma apoenzimática. Proporcionando a los peces los niveles adecuados de triptofano, e inyectando por vía intraperitoneal triptofano marcado con carbono 14 en un radical carboxilo y mediante el uso de un dosificador, un 60% de la dosis fue incorporada a la proteína durante 1 día. El paso de este tipo de proteína es muy lento. En las truchas que recibieron dietas deficientes en triptofano, se presentaron signos severos de escoliosis y lordosis; además de que tuvieron un incremento en los niveles hepáticos y renales de calcio, magnesio, potasio y sodio (191).

Se realizaron estudios para determinar si las crías de trucha arcoiris poseen la capacidad de sintetizar la arginina mediante la vía del ciclo de la urea. Varias enzimas del ciclo ureico se detectaron en los tejidos de la trucha. Una investigación fue realizada para determinar si el incremento de enzimas se da en respuesta al ayuno o a los niveles de proteína dietaria (0, 30, 40 y 50% de proteína). Aunque se observaron algunos efectos, no están relacionados con la función del ciclo de la urea como un mecanismo de desintoxicación del amoníaco en los peces. Las actividades de la arginasa renal y hepática, y la carbamil fosfato sintetasa muscular (CFS) fueron más eficaces ($P < 0.05$) cuando la proteína fue omitida de la dieta, que cuando estaba presente ($P < 0.05$), pero no resultaron afectadas de otra manera por los niveles proteicos. Las actividades de la arginasa renal y hepática, y de la CFS muscular; así como de la ornitina trans carbamilasa (OTC) resultaron mejores en los peces ayunados ($P < 0.05$), que en aquellos alimentados con niveles adecuados de proteínas. La CFS y la OTC hepáticas tuvieron menor actividad en los peces ayunados que en los alimentados con el 30% de proteínas. Se inyectó intraperitonealmente L-1 ornitina hidro--

clorada marcada en el carbono 14, incorporándose tisularmente a la arginina, encontrándose la biosíntesis de la arginina por la vía del ciclo de la urea. Cuando la mitad de la arginina dietaria se reemplazó con cantidades equimolares de ácido glutámico, ornitina o citrulina; el ácido glutámico redujo marcadamente el crecimiento ($P < 0.05$), mientras que éste era levemente deprimido con la ornitina ($P < 0.05$), y no se observó una reducción -- con la citrulina ($P > 0.05$). Se llegó a la conclusión de que -- las truchas poseen un ciclo ureico que provee el poder necesari--o para la biosíntesis de la arginina (27).

Una biomasa sencilla mezclada de proteínas celulares (SPC) y -- que contenía los microorganismos Hansenula anomala, Candida --- kruzei y Geotrichum candidum; desarrollados en malta de whisky, se incorporó a niveles crecientes de sustitución de caseína en dietas semipurificadas con un 40% de contenido de proteína cruda para truchas arcoiris. Se examinó por un período de 30 días el efecto de suplementar esas dietas con aminoácidos azufrados (AAA) y la L-metionina, en el crecimiento y utilización del nitrógeno en las truchas. Pudo substituirse la SPC en más del 50% de la caseína sin efectos adversos en el crecimiento, pero la - utilización del nitrógeno se redujo de 8-13%. El crecimiento y la utilización del nitrógeno (Rango de eficiencia del nitrógeno y valor productivo del nitrógeno) se redujeron 40-54% cuando la SPC era de la mayor fuente proteica. Los valores para REN y VPN respectivamente, eran 12.7% y 28.5% para las truchas alimenta--das con caseína; y 7.5% y 13% en truchas alimentadas con SPC so la. En otro grupo de truchas, la digestibilidad del nitrógeno - fue particularmente baja (64%) en comparación con las alimenta--das con caseína (97%), y se extendió la baja producción de la - dieta para truchas con SPC sola. La suplementación de L-metioni--na elevó el rendimiento de todas las dietas para truchas, aun -

cuando la suplementación dietaria con caseína resultó mejor que la SPC sola. Suplementando, las cifras de REN y VPN respectivamente, fueron de 15.99% y 36% para las truchas alimentadas con caseína y de 17% en las alimentadas sólo con SPC. La suplementación no mejoró la digestibilidad del nitrógeno en la trucha. El SCP, similar a la caseína, resultó deficiente para las necesidades de AAA de truchas. Los resultados en general demostraron -- que el SCP era de baja calidad para las crías de trucha, y de ninguna significancia adicional en la mejora del rendimiento; -- siendo necesario así que se emplearan métodos más eficaces de procesamiento para incrementar el nitrógeno total y posiblemente la digestibilidad de las células totales (104).

Las poblaciones de calamar y pulpo de los océanos son una enorme fuente de proteína. Tan sólo en 500,000 toneladas métricas, del que puede ser el 0.5% del potencial de captura, se recolecta anualmente. No sólo el procesamiento de desechos de calamar, sino también especies y capturas no destinadas para el consumo humano, son una posible fuente de proteína en la Acuicultura. -- Se usó el calamar volador (Todarodes sagittatus Lamarck) congelado, en dietas húmedas para trucha arcoiris (Salmo gairdneri - Richardson) y salmón (Salmo salar L.). En las dietas probadas -- se utilizaron tres partes del calamar: manto, cuerpo entero y -- tentáculos, cabezas e intestinos; y la argentina (Argentina silus Ascanius) se usó en la dieta control. En una base del peso húmedo de las dietas, contenían éstas cerca del 46% de calamar. Las dietas fueron aproximadamente isoenergéticas y tuvieron la misma proporción proteína : grasa. La presencia del calamar en la dieta resultó con un incremento en el peso y en la talla, un alto factor de condición, sin cambios en la canal y con un porcentaje más alto de materia seca y contenido de grasa en la trucha arcoiris y salmón; comparados con la dieta control. No hubo

diferencias significativas con esos parámetros productivos entre los peces que recibieron las tres distintas partes del camarón (4).

Se experimentó en truchas arcoiris (Salmo gairdneri) de un peso promedio inicial de 13 g, con cuatro dietas peletizadas (1-4) y con una comercial a constantes de incubación de 18 por 266 días, 23 por 244 días ó 28 por 196. Los componentes de las dietas (1-4) incluyeron cerca del 13% de grasa cruda y 23.9 - 38.5% de proteína cruda (19.7-31.9% de proteína digestible). Las necesidades mínimas de proteína cruda y proteína digestible para un desempeño satisfactorio de los peces fueron cercanas al 33 y 28% respectivamente, con un 13% de grasa dietaria. La ganancia de peso, conversión alimenticia y el porcentaje de peso perdido al alimentar con esta dieta fue equivalente a lo obtenido con otras dietas de una constante de incubación de 28. El costo por kilogramo de alimento fue algo más bajo en los peces alimentados con esta dieta, en relación a otras y en las tres tasas de alimentación. La tasa de crecimiento en la trucha arcoiris mediante la alteración de la dieta formulada es menos eficiente y económica que en las alimentadas con una dieta sencilla que contenga cantidades óptimas de proteína y grasa (134).

Durante 6 semanas se evaluaron las necesidades de triptófano en truchas arcoiris (Salmo gairdneri) de un peso inicial de 13 g, mediante dietas de 0.06 a 0.5%. Las necesidades estimadas de triptófano fueron de 0.20 a 0.25 (0.57 a 0.71)% de la dieta (proteína dietaria). La retención de nitrógeno se incrementó y la conversión alimenticia disminuyó con el triptófano dietario superior al 0.14%, pero no se dieron efectos más notorios por encima de éste porcentaje. El contenido de proteína de la carnal se incrementó gradualmente y la cantidad de lípidos y cení

zas decreció con el incremento del triptofano dietario. La cantidad del triptofano dietario no afectó el índice hepatosomático o la actividad de la dehidrogenasa glutamato hepática (83). En 3 de 8 experimentos, entre 10 y 12 semanas, 1957 truchas arcoiris recibieron dietas purificadas que contenían una mezcla de aminoácidos libres como única fuente de proteína (24% de -- proteína cruda). La variación de los aminoácidos sencillos fue registrada sin cambios en el patrón de aminoácidos totales. El crecimiento, la conversión alimenticia y la mortalidad se usaron para evaluar las necesidades de lisina, arginina, triptofano, metionina y cistina; las cuales fueron de 4.3 a 4.6, 4.3, 0.8 a 1.1, 1.1 a 1.4 y 6.3% de la proteína cruda, respectivamente. La interacción de los aminoácidos fue discutida (91). Los peces necesitan más proteína dietaria que otros vertebrados. Muchos aspectos de la Fisiología, Nutrición y Ecología de los peces se han interpretado dentro del contexto de estas altas necesidades de proteína. En esta revisión se comparó a los peces con los homeotermos terrestres en relación a la necesidad de proteína para el mantenimiento, concentración relativa de proteína necesaria en la dieta para una tasa máxima de crecimiento, consumo de proteína necesitado para un máximo crecimiento y ganancia en la relación de proteína ingerida. Esas -- fueron sólo las diferencias en la concentración relativa de -- proteína en la dieta, necesaria para una tasa máxima de crecimiento. Esta diferencia se explicó en términos de necesidades de energía mayores en homeotermos y no reflejó diferencias absolutas en las necesidades de proteínas. Las restantes mediciones de necesidades proteicas sugieren que los peces y los homeotermos terrestres son similares, tanto en su utilización de proteínas como en sus fuentes nutricionales. Tal vez la reinterpretación del papel de las proteínas en la Fisiología, Nu--

trición y Ecología se encuentre en orden (17).

Se mantuvo durante 8 días a truchas arcoiris (Salmo gairdneri) de un peso cercano a los 120 g en agua con un nivel de saturación de oxígeno de $40.0 \pm 4.0\%$, mientras que los peces testigo se mantuvieron en agua saturada de oxígeno de $89.4 \pm 4.2\%$. Se utilizaron dietas isonitrogenadas e isoenergéticas, compuestas de diferentes fuentes proteicas (animales, vegetales y mixtas). Los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) se calcularon por el método indirecto (del óxido crómico) después de una colección automática de las heces. La hipoxia experimental no provocó cambios en el CDA de la proteína (nitrógeno total), energía bruta o materia seca. Los aminoácidos sólo demostraron una tendencia a mejorar la absorción: la prolina, la glicina, la alanina y el triptofano tuvieron un CDA más elevado ($P < 0.05$) en las truchas en experimento que en las testigo, cuando se usó la dieta basada en la proteína animal. La ingestión de alimento en las dietas resultó; en contraste con las observaciones de la dieta comercial (de fuentes mixtas de proteínas) y la básica de proteínas vegetales, en las truchas que recibieron una dieta basada en proteína animal; mantener la ingestión normal de alimento (o regresando a la normal) cuando se sujetaron a la hipoxia (126).

Se destinaron varios experimentos para determinar los efectos de los niveles alimentarios (alimentación restringida y a libre acceso), y las variaciones dietarias en el balance de minerales monovalentes sobre las necesidades de arginina en las crías de trucha arcoiris. Basados en el crecimiento y la eficiencia de la utilización del alimento para desarrollo, las -

necesidades de arginina resultaron bajas (3.5% de proteína) -- cuando los peces eran alimentados hasta la saciedad, a diferencia de cuando se les alimentó con niveles restringidos (4.2% de proteína). Cuando se calculó en la base del valor del consumo de arginina por día, sin embargo, las necesidades fueron similares para los peces sometidos a los dos métodos alimentarios. Se usaron en varios ensayos tres balances (ácido, neutro y alcalino) de sodio, potasio y cloro. Las necesidades de arginina tendieron a elevarse cuando los peces fueron alimentados con dietas de contenido alcalino como una comparación del balance ácido de los minerales. Esos estudios indican que el método de alimentación tiene un efecto significativo en la concentración dietaria de la arginina, necesaria para el rango máximo de crecimiento y la utilización del alimento en la trucha arcoiris (26).

En 1984, hubo una mortalidad del 70 al 80% de crías en muchas granjas yugoslavas dedicadas al cultivo de truchas. Se observó una mortalidad significativa después de la segunda o tercera semana del primer período de alimentación. Los exámenes virales, bacteriológicos y parasitológicos de las crías no indicaron que existiera alguna enfermedad infecciosa. Los análisis quimiofisiológicos demostraron que la calidad del agua no pudo ser la causa de la mortalidad de las crías. Las muestras de interés de la dieta seca fueron analizadas químicamente con una composición aproximada en el contenido de vitaminas, aminoácidos, valores de peróxidos y ácidos, así como el contenido de histamina. La composición aproximada y el contenido de vitaminas fueron normales, mientras que la composición de aminoácidos indicaba que la proporción leucina:isoleucina fue más alta que la normal y que el contenido de valina era alto. Los valores en peróxido fueron aceptables, el valor de ácidos muy alto,

mientras que los valores altos en histamina indicaron que la proteína usada en la dieta pudo estar parcialmente descompuesta. Los análisis microscópicos demostraron que el alimento contenía 10% de trigo, 15-20% de harina de pescado, 10% de harina de sangre y 60-65% de harina de carne y hueso. Cuando el alimento fue reemplazado por una dieta seca obtenida de una manufactura distinta, algunos peces se recuperaron (15-20%), pero no sin consecuencias posteriores para un crecimiento tardío -- (175).

Es una práctica común separar los lotes de huevos de trucha arcoiris de diversas e impredecibles formas, en base a su viabilidad. Además de las diferentes características de los huevos maduros descritas por Nomura et al. (1974), no existen rasgos morfológicos que permitan reconocer la viabilidad o no viabilidad en los huevos, para ser distinguidos con facilidad. Todos los lotes de huevos usados en este trabajo procedieron de truchas arcoiris en su primera etapa de desove. Para su estudio se escogió el grupo en ésta etapa porque sus huevos son considerados generalmente de mejor calidad que los producidos por peces más viejos, aunque esta afirmación no ha sido comprobada mediante las estadísticas (37).

Se determinó la cantidad de huevos (1 pieza/hembra) de 17 truchas arcoiris, los cuales fueron cortados y finalmente separados, incubándose en una proporción similar al porcentaje alcanzado en el primer período de alimentación. La cantidad de huevos fertilizados se analizó en peso húmedo, en peso seco, en peso del corion y en los niveles respectivos de los huevos de lípidos libres, unidos y totales; proteína precipitable, fosfo proteína, fosfolípidos, calcio e hierro. Todas las determinaciones se realizaron en huevos sencillos, y seis huevos de ca-

da cantidad se analizaron para cada variable. Los resultados se expresaron en términos absolutos (como el peso del componente por huevo) y como porcentaje del peso del huevo en seco. Se demostraron variaciones significativamente incrementadas en todos esos aspectos de la composición del huevo, al darse entre madres. Sin embargo, no hubo una correlación significativa entre el porcentaje del número original de huevos, los cuales se incubaron, y algún aspecto de su composición, con excepción de una leve correlación positiva ($P < 0.05$) -- con el porcentaje de fosfoproteína de los huevos. De manera similar, no hubo una correlación significativa entre el porcentaje del número original de huevos que alcanzaron la primera alimentación y algún aspecto de la composición de los huevos, con excepción de una leve correlación positiva ---- ($P < 0.05$) con los huevos en peso húmedo y con ambos el nivel absoluto y el porcentaje de fosfoproteína en los huevos. Hubo una correlación positiva significativa ($P < 0.05$) entre el -- porcentaje de huevos incubados (alevines) sobreviviendo a la primera alimentación, y cada una de las siguientes: en peso húmedo, en peso seco y niveles absolutos de lípidos unidos, proteína precipitable y fosfoproteínas del huevo. La cantidad de huevos con un porcentaje alto de incubación ($> 50\%$) se diferenció significativamente de aquéllos que registraron cero en ésta característica que teniendo (en términos absolutos) un peso elevado del huevo, peso del corion, fosfoproteína ($P < 0.001$), huevo en peso seco, lípidos unidos y proteína precipitable ($P < 0.01$) y (en porcentaje) alto peso del corion ($P < 0.05$) y fosfoproteína ($P < 0.001$); y muy bajos en lípidos libres y totales ($P < 0.01$) e hierro ($P < 0.05$). En un experimento por separado se investigaron los efectos de -- permitir que los huevos fueran conservados por las hembras en

la cavidad abdominal durante períodos crecientes de tiempo -- después de la ovulación; los huevos fueron obtenidos de tres hembras en tres de cuatro ocasiones sucesivas, de 2 a 11 días aparte. Aunque de los aspectos referidos en la composición -- del huevo, muchos de los cuales permanecieron casi constantes en número cuando los huevos fueron retenidos en las hembras -- 18 días después de la ovulación, el porcentaje de incubación declinó severamente en este período en dos hembras, disminuyendo de 90% a cerca de cero. Unidos esos resultados indican el tiempo de corte en los huevos con relación a la fecha de -- la ovulación, y determinan más significativamente la calidad del huevo que alguno de los aspectos físicos y químicos en la composición del mismo (37).

Signos de deficiencia y exceso de protefna y aminoácidos.

Protefna cruda.- Signos de deficiencia: Crecimiento pobre, actividad reducida; el pez nada cerca de la superficie del agua; aumenta la vulnerabilidad a los parásitos.

Signos de exceso: Un leve retardo en el crecimiento (185).

Aminoácidos.- Signos de deficiencia: Con cualquier aminoácido esencial puede haber un reducido crecimiento o no, las cataratas oculares pueden resultar de una deficiencia de cualquier aminoácido esencial, con excepción de la arginina; la lordosis o esclerosis provienen de una dieta menor al 0.2% de triptofano; el síndrome de color negro y la pérdida del equilibrio se dan con cantidades menores al 0.8% de lisina.

Lisina: Erosión en aletas dorsal y caudal; aumento en la mortalidad.

Metionina: Cataratas (185).

Triptofano: Escoliosis y lordosis, que pueden ser reversibles (107); calcinosis renal, cataratas, erosión de aleta caudal, - disminución de lípidos en la canal; y una elevada concentración de magnesio, calcio, sodio y potasio en la canal (107, -- 141, 202).

Signos de exceso: Inhibición del crecimiento por exceso de leucina; ineficiencia de la dieta por raciones extremas de fenilalanina y tirosina. Se consideran niveles altos en fenilalanina, tirosina y valina, con más del 3% (107, 185).

c) Carbohidratos.

Los carbohidratos están integrados de carbono, hidrógeno y oxígeno. A diferencia de las proteínas, no contienen nitrógeno. Su importancia en la dieta de los peces radica en su carácter de principal productor de energía de activación en los procesos metabólicos de proteínas y lípidos. Debido a la baja producción de insulina en los peces, un excedente de carbohidratos en su dieta puede ocasionar una inhibición de la asimilación de proteínas y lípidos.

Las necesidades de carbohidratos en la trucha no exceden de 11% para las crías y de 23% para engorda (53, 94, 107, 109, 185).

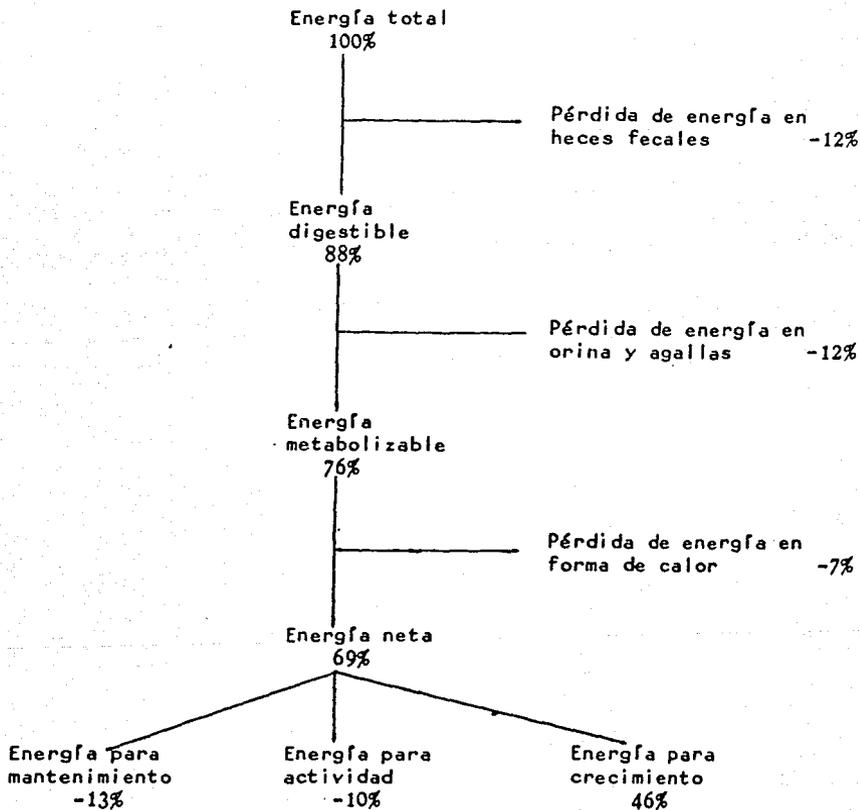
La cantidad de carbohidratos absorbidos por la trucha varía con la complejidad del que se da en la dieta. La glucosa, un azúcar simple que no necesita digestión, es absorbido aproximadamente de un 90 a 100%. Los azúcares complejos requieren digestión y la cantidad absorbida por el pez varía: para la maltosa es aproximadamente de 92 a 98%, con la sacarosa cerca del 70% y de la lactosa se absorbe un promedio cercano al 60%. Con la dextrina es de 80%, el almidón cocido un 70%, el almidón crudo 20% y la alfa celulosa 10%. La trucha absorbe sólo el 40% del alimento crudo, pero al ser cocido aumenta su absorción aproximadamente al 60% (119).

Los ciegos pilóricos y el área intestinal de todos los salmonidos y el bagre son conocidos por contener maltasa, sacarasa, lactasa, amilasa y otras enzimas propias para la digestión de los carbohidratos. El volumen de la masa de alimento, el tamaño de la partícula de los ingredientes, la temperatura del agua y otros factores, posiblemente alteran la absorción. Por lo general mientras más complejo es el carbohidrato, tanto más difícil es de digerir (94).

Los carbohidratos en el organismo se encuentran en forma de -- glucosa (azúcar) y glucógeno. La glucosa se deposita en los -- fluidos y células del cuerpo, y el glucógeno en el hígado y te-- jidos musculares. Un exceso de carbohidratos en la dieta produ-- ce una acumulación de glucógeno en el hígado, resultando en -- una infiltración grasa de éste órgano y del riñón, habiendo en consecuencia una elevada mortali-- dad. Por lo tanto deben limi-- tarse los carbohidratos en los alimentos para peces, sin embar-- go hay efectos beneficiosos provenientes de la formación de -- carbohidratos de la dieta, por lo que se pueden proporcionar -- hasta un 20% de las calorías disponibles de un alimento, lo -- que permite ahorrar proteínas (2, 46, 94, 185).

Con respecto a las fuentes principales de carbohidratos, son -- los productos vegetales. En las carnes sólo hay pequeñas pro-- porciones (94).

Cuadro de EWOS que muestra la cantidad de energía total del alimento como 100% y su distribución por metabolismo, tomando en cuenta su utilización y pérdida (185).



En el cuadro de EWOS, del 100% de energía (calorías que el pez obtiene por consumo de alimento) se tiene una pérdida del 12% por heces fecales, quedando 88% de energía que es digerida y - absorbida (a ésta se le llama energía digestible). Por el riñón y las branquias se desecha un 12% del total y queda 76% de energía que es metabolizable y que será utilizada por los tejidos, liberándose 7% en forma de calor y quedando una energía neta de 69%.

La energía neta de que se dispone será utilizada:

- a) Para mantenimiento del animal (13%).
- b) Para actividad del animal (10%).
- c) Para el crecimiento (46%).

Es demostrable que la energía total necesaria varía y depende principalmente de la actividad del animal, por lo que es necesario determinar la cantidad de energía que debe contener el alimento tomando en cuenta las pérdidas por su propia actividad y la utilización de la energía metabolizable.

La energía contenida en el alimento puede ser evaluada y expresada de diferentes formas, una de ellas es la energía total del alimento. La proteína tiene un contenido de energía total aproximado de 5.5 Mcal/Kg, los carbohidratos de 4.1 Mcal/Kg y los lípidos de 9.45 Mcal/Kg. Como el cuerpo del animal usa una parte de la energía total, esta medida no es particularmente útil para la evaluación energética. Por esta razón se utiliza como medida la energía metabolizable. De un alimento cualquiera, una parte es digestible y aprovechable y la otra es eliminada por las heces, de aquí se concluye que todos los alimentos tienen diferente digestibilidad. La digestibilidad de los alimentos se determina por medio de un coeficiente que se fundamenta en lo ya señalado: cuando un alimento se ingiere, una parte se aprovecha y la otra se elimina, -

siendo la diferencia lo digerido y lo absorbido. El coeficiente de digestibilidad de cada uno de los componentes del alimento se obtiene de forma experimental. Al utilizar como medida para la evaluación energética del alimento la energía metabolizable, se ha encontrado que en la trucha con un alimento con 52% de proteína, 18% de lípidos y 12% de carbohidratos basado en un 90% de digestibilidad, las proteínas tienen 3.9 -- Mcal/Kg, los lípidos tienen 8.5 Mcal/Kg y los carbohidratos - 3.0 Mcal/Kg. La importancia que tiene conocer el valor energético del alimento está basado en la necesidad de cada especie, para el desarrollo óptimo de sus actividades, de cierta cantidad de energía metabolizable, lo que manifiesta la necesidad de elaborar un alimento que contenga el valor energético superior al valor de la energía metabolizable requerida (185).

Experimentos.

Se alimentó a grupos replicados de truchas durante 44 ó 45 días con ocho dietas que contenían entre 25 y 54% de sacarosa y entre 47 y 23% de proteína cruda, respectivamente. La conversión alimenticia se incrementó sólo cuando el contenido de sacarosa era superior al 36% y la proteína cruda consecuentemente por -- abajo del 40%. Disminuyendo el contenido de proteína por el incremento de la proporción de sacarosa, se elevó la relación de la eficiencia proteica (PER) entre el 47 y 40% de proteína; los valores de PER menores de los que contenían 47% de proteína cruda se obtuvieron sólo cuando la concentración de proteína era -- menor al 36% (120).

La proteína de una dieta con harina de pescado/caseína se substituyó con un 10-40% de sacarosa o almidón de maíz gelatinizado. Todas las dietas se dieron a grupos replicados de truchas duran te 60 días. Aunque el almidón gelatinizado de maíz no afectó la tasa de conversión con proporciones crecientes de sacarosa, fue ron necesarias cantidades mayores de alimento por unidad de peso ganado. Los valores de PER se incrementaron con las proporciones crecientes de uno u otro carbohidrato. No se encontraron diferencias claras en la composición corporal. La eficiencia en la utilización de la energía bruta resultó entre 40 y 43% para la dieta basal y en las dietas que contenían almidón gelatinizado de maíz, mientras que esto se redujo aproximadamente un 31% con el incremento en la proporción de sacarosa al 40%. El porcentaje de nitrógeno retenido de la dieta fue de 23 a 29% con -- el incremento de sacarosa, y de 44% por el aumento de almidón -- gelatinizado de maíz en la dieta (120).

Se investigó la digestibilidad del almidón de maíz con dos dietas que contenían 70% de una mezcla común y 30% de almidón de maíz natural o gelatinizado. Para cada tipo de dieta había dos niveles de ingestión, alta y baja; correspondiendo aproximadamente a 1 y 0.5% del peso vivo del pez por día. Durante las 4 semanas del período experimental, el peso promedio de los peces era de 150-180 g y la temperatura del agua fue de $9 \pm 1^\circ \text{C}$. Las heces se recolectaron automáticamente de forma continua. La restricción y la gelatinización dieron un efecto positivo en la digestibilidad del almidón natural, aumentando de un 38% a un alto nivel de ingestión y a un 55% en el bajo. La digestibilidad del almidón gelatinizado fue mucho mayor que la del almidón natural, siendo de un 87 a 90% mayor que el mismo modelo de alimentación. Los carbohidratos fecales de los peces alimentados con almidón gelatinizado contenían una gran proporción de dextrinas, a diferencia de los peces alimentados con almidón natural. Pudo ser difícil que la hidrólisis de la alfa amilasa haya ocurrido más pronto con el almidón gelatinizado, y que las enzimas que desdoblaron el almidón no hayan hidrolizado las dextrinas con suficiente velocidad. Esto también sugiere que la degradación microbiana en el tracto digestivo de esos peces no es muy activa. Se concluyó que ese almidón puede ser considerado como una fuente de energía cuando la digestibilidad es mejorada por la gelatinización (15).

Durante 147 días, grupos de truchas en sus siete meses de inicio, recibieron pellets que contenían una mezcla (39% de caseína, 13% de aceite de girasol, 13% de gluten de maíz, 32% de almidón de maíz gelatinizado y 3% de vitaminas) aunado con 4 u 8% de alfa celulosa. La celulosa no tuvo un efecto significativo en el crecimiento, composición corporal o en el uso de la energía o la proteína (195).

Se alimentó a grupos de truchas arcoiris (Salmo gairdneri) de cinco distintas familias y cinco grupos innatos, con cuatro dietas similares en contenido de proteína y energía, pero con diferente porcentaje de energía metabolizable presente en el carbohidrato. El porcentaje de los carbohidratos en energía metabolizable fue de 15, 26, 37 y 49%, respectivamente. Se encontraron entre las familias de peces diferencias significativas en el crecimiento, factores de condición química del pez, peso relativo del hígado, color del hígado, digestibilidad de la energía y del extracto libre de nitrógeno, la cantidad en el porcentaje de grasa intestinal y el color de la carne. La interacción entre la dieta y la familia fue significativa para el peso relativo del hígado y el color del mismo. No hubo una interacción entre la dieta de una familia con el crecimiento, indicando que las investigaciones de selectividad para crías de diversas clases de truchas arcoiris, específicamente entre éstas, no resultaron promisorias en la utilización de los carbohidratos. La tasa de crecimiento y el factor de condición se incrementaron con la disminución del nivel de carbohidratos en la dieta. Los peces alimentados con niveles mayores de carbohidratos tuvieron menor cantidad de materia seca, grasas y cenizas en canal; y altos porcentajes de carbohidratos en el hígado. Hubo también pesos relativamente más altos en hígados y con mayor decoloración. Los peces que fueron alimentados con niveles altos de carbohidratos tuvieron aparentemente una mejor digestibilidad de la energía y la proteína. No hubo diferencias significativas de las tasas de mortalidad de los grupos, y el examen veterinario no reveló diferencias patológicas en los peces alimentados con distintas dietas (129).

La trucha digiere pobremente el almidón. Fueron investigadas y discutidas las razones de las diferentes digestibilidades de los carbohidratos. La inclusión de productos solubles de almidón en la dieta incrementó el volumen de los jugos intestinales. El almidón crudo en la dieta redujo la actividad de la amilasa, ésta adsorbió al almidón crudo por lo que la hidrólisis del almidón estuvo inhibida. El almidón crudo aceleró el paso a través del intestino, reduciendo así el tiempo disponible para su absorción (166).

Se cultivaron truchas juveniles con dietas de elevada disponibilidad de carbohidratos (AC) o de baja disponibilidad de los mismos (BC), suplementadas con una cantidad de 0 a 10 μ g de selenio por gramo de dieta durante 16 semanas, para determinar si el exceso de glucógeno depositado en el hígado afectó el metabolismo y la toxicidad del selenio dietario. Las truchas que se cultivaron con la dieta AC de 10 μ g de selenio por gramo de dieta, demostraron primeramente signos de selenosis y tenían niveles significativamente mayores de selenio ($P < 0.05$) en el hígado, que las cultivadas con la dieta BC de 10 μ g de selenio por gramo de dieta después de 16 semanas, indicando que el exceso de carbohidratos dietarios realzó la toxicidad del selenio dietario en la trucha. El mecanismo de la interacción es difuso, puesto que ningún tipo de eliminación del selenio, como tampoco los niveles del mismo en cuerpo y riñones fueron afectados por el nivel de carbohidratos dietarios. Las truchas cultivadas con dietas altas en selenio dietario (10 μ g/g) tuvieron un incremento en la incidencia de calcinosis renal. En adición, los niveles de cobre del hígado fueron significativamente afectados por el selenio dietario y el contenido de glucógeno hepático, indicando una interacción significativa del cobre-selenio y el cobre-glucógeno en la trucha. El desarrollo de la calcinosis renal y

las interacciones del cobre sugieren una variedad de los efectos tóxicos del selenio en la trucha, los que pueden ser completamente responsables de los cambios observados en el crecimiento y la eficiencia alimenticia (66).

Se determinó el efecto de la suplementación de 0 a 10% de propilen glicol (reemplazando al almidón sobre una base de peso equivalente) en una dieta para trucha baja en energía; sobre la digestibilidad alimentaria y el crecimiento y respuesta fisiológica de la trucha arcoiris. El propilen glicol no tuvo un efecto significativo sobre la trucha en el crecimiento, conversión alimenticia, composición final de los desechos y coeficiente de digestibilidad alimentaria. Sin embargo, el propilen glicol fue aparentemente inestable y/o volátil durante la elaboración y almacenaje del alimento, lo cual pudo haber modificado los resultados en los estudios de digestibilidad y crecimiento. La trucha cultivada con una suplementación del 10% de propilen glicol en la dieta tuvo una respuesta alimentaria más lenta que en los otros grupos, en los cuales pudo afectarse finalmente el crecimiento de ésta. Se concluyó que el propilen glicol no es una fuente costeable de energía dietaria y que un 10% del mismo en la dieta de la trucha es aparentemente tolerado (62).

Se cultivaron grupos cuádruples de trucha arcoiris (Salmo gairdneri), de un peso corporal promedio de 24.9 g, en seis tratamientos dietarios (tipo dietas prácticas) con un experimento simultáneo de 12 semanas a una temperatura de 15°C, para la determinación del valor de energía neta (EN) del almidón y la glucosa en la trucha arcoiris. Se prepararon tres dietas en sayo conteniendo (g/Kg): 0.0 en carbohidratos suplementados (dieta 1), 250.0 de almidón de maíz (dieta 2) y 250.0 de glucosa (dieta 3); administrados a libre acceso a las truchas con -

el valor alimentario de la glucosa -y el almidón- habiéndose - evaluado a los grupos después de cada comida. De los tres tratamientos restantes el control alimentario en las truchas fue confuso; con la dieta 1 el 75% de alimento ingerido de truchas cultivadas con las dietas 2 y 3, así como proporcionando los - mismos niveles de proteínas y lípidos sin carbohidratos; y con la dieta 2 al 100% del alimento ingerido de truchas cultivadas en la dieta 3. Las diferencias de energía en los cuerpos del - grupo alimentado a libre acceso y la respectiva del grupo controlado, dividido entre las cantidades de glucosa dietaria o - energía de almidón consumida por la trucha, es el valor de la EN para esos carbohidratos. El valor determinado para la EN de la glucosa fue de 3.99 KJ/g y el del almidón de 2.17 KJ/g, los cuales son respectivamente, 24.6 y 12.6% de los valores de --- energía bruta de esos carbohidratos en la trucha arcoiris. Los resultados indicaron que los valores de energía digestible y - el cálculo de energía metabolizable para los carbohidratos en la trucha arcoiris, sobreestiman el contenido de energía utili zable de la dieta. Los valores de EN determinados para la glucosa y el almidón de maíz de este estudio, deben ser usados -- con cuidado, puesto que varios factores (así como los rangos - alimentarios determinados en el presente estudio) pueden afectar la utilización de carbohidratos dietarios en la trucha arcoiris (63).

Una fuente de nutrientes que contenfa 95% de harina de pescado, 3% de aceite de hfgado de bacalao y 2% de premezcla vitamfnica; fue diluida con fibras indigestibles en la forma de alfa-celulosa. Las truchas compensaron por encima del 30% de la celulosa - aumentando el peso total del alimento consumido, de esta manera con la ingestión de ambos nutrientes se estabilizó el rango de crecimiento. Los peces fracasaron al compensar niveles del 40 - al 50% de celulosa, a pesar de la evidencia de un aumento en el tamaño del estómago. El consumo de nutrientes fue aproximadamente de la mitad. Hubo una pequeña reducción en la conversión alimenticia y la tasa de crecimiento disminuyó acordeamente. En contraste, la salida de heces fecales aumentó de una manera considerable (18).

Grupos duplicados de trucha arcoiris recibieron dietas bajas en proteínas, y que contenfan a la vez cantidades altas (38%) de 5 fuentes distintas de carbohidratos (almidón crudo, extracto de maíz, extracto de trigo, extracto de almidón de maíz o extracto de almidón de trigo). Se usó un método modificado consistente - en un par de alimentos, para permitir una ingestión igual de -- proteínas y de energía digestible para cada grupo de peces. Las variables de crecimiento se registraron durante 18 semanas; se valoró la digestibilidad, el balance de nitrógeno y energía, y el coeficiente respiratorio y de amonfaco de los peces alimentados con las distintas dietas. Al estudiar los efectos de los -- carbohidratos dietarios por un período prolongado, el nivel de glucosa en plasma y su control con insulina bovina, se registró en los peces alimentados durante 30 semanas con las dietas prueba seleccionadas. Los resultados demostraron que la inclusión - del extracto de cereales o del extracto de almidón incrementaron la disponibilidad de la energía dietaria. Los niveles altos de carbohidratos no tuvieron efectos adversos en el crecimiento

total o en la eficiencia de la retención de nutrientes. Una alimentación prolongada con dietas ricas en carbohidratos no proporciona en la trucha una capacidad de adaptación para regular la glicemia postprandial. Las mediciones respiratorias aparentemente proporcionaron datos interesantes en la utilización metabólica de substratos corporales (78).

Signos de deficiencia y exceso de carbohidratos.

Signos de deficiencia: Reducción de la sobrevivencia en la carga de peces; el glucógeno hepático disminuye, si la dieta está libre en carbohidratos; y un crecimiento lento, debido a que -- los aminoácidos son usados para abastecer las necesidades de -- energía (185).

Signos de exceso: Infiltración de glucógeno e inflamación hepática; grasa infiltrada en riñones, islotes pancreáticos degenerados, crecimiento pobre, edema, glucosa sanguínea elevada; y -- finalmente la muerte por sobrealimentación, o por más de 20% de carbohidratos digeribles en la dieta (50, 185).

d) Lípidos.

En Nutrición debe hablarse de lípidos y no de grasas, por tener una denominación más extensa, y por usarse los aceites en raciones para peces, cuyos principios están emparentados con ellas pero que no son grasas en realidad.

En los lípidos el carbono, el hidrógeno y el oxígeno no se encuentran en la misma proporción que en los carbohidratos, sino que se hallan en mayor proporción el carbono y el hidrógeno -- que el oxígeno, por lo cual al quemarse para ser digeridos --- aportan más del doble de calorías que los carbohidratos. Son -- la fuente de energía más concentrada de todos los grupos de -- alimentos:

	Calorías brutas/g	Porcentaje de digestibilidad	Calorías disponibles en trucha
Lípidos	9.4	(85)	8.0
Proteínas	5.6	(70)	3.9
Carbohidratos	4.1	(40)	1.6

La información actual dice muy poco con respecto de la fun--- ción de los lípidos en la nutrición de los peces. La composición de los aceites de peces se ha estudiado con amplitud. -- Sin embargo, las dudas sobre el tipo y la cantidad de lípidos requeridos por el pez para cubrir sus necesidades han recibido poca atención (185).

Son varias las funciones de los lípidos, entre otras:

- Protección de los órganos vitales.
- Almacén como reserva de energía.
- Producción de energía aislante de las temperaturas.
- Lubricación interna.
- Fuente de ácidos grasos esenciales.
- Transporte de vitaminas liposolubles.

- Forman parte esencial de los productos sexuales (94, 107, - 185).

Se deben considerar varios factores para evaluar los lípidos en los alimentos para peces, como son:

- a) Digestibilidad.
- b) Presencia de sustancias tóxicas.
- c) Ácidos grasos esenciales (185).

Las grasas que se encuentran en el cuerpo son provenientes de los lípidos de la dieta, grasas producidas por el exceso de proteínas dietarias y las grasas acumuladas con el exceso de carbohidratos.

La mayor parte de las grasas dietarias son convertidas en ácidos, grasas y glicerol en el intestino delgado antes de su absorción. La facilidad de este proceso depende principalmente del punto de fusión de la grasa (94, 107, 202).

Es necesario que los lípidos en los alimentos para truchas se encuentren en forma de ácidos grasos poli-insaturados porque son mejor digeridos (85-95%), mientras que los ácidos grasos saturados se digieren mal (60-70%). Las grasas duras (ácidos grasos saturados) también recubren a otras sustancias nutritivas reduciendo su digestibilidad y pueden taponar el intestino de las crías muy pequeñas. A nivel del tracto digestivo se hidrolizan los lípidos por la acción de la lipasa y la fosfolipasa.

Los lípidos dietarios son el único elemento nutritivo que influye sobre las características del tejido corporal. La formación de la proteína y el tejido óseo están regidos por la información genética, pero este no es el caso de las grasas. El tipo de grasa consumido es el tipo de grasa que se deposita. Debido a que las grasas blandas son deseables en los peces, - se necesitan grasas blandas o aceites en la dieta (94, 107, - 185. 202).

El número de yodo es una medida de la saturación o blandura de un lípido:

Trucha silvestre	- I N° =	110-120
Aceites	- I N° =	100-120
Sebo	- I N° =	80

Los lípidos proporcionan energía para la actividad de los peces liberando así a las proteínas para la formación de los tejidos. Al balancear las dietas para peces la cantidad de lípidos debe ser proporcional a la cantidad de proteínas (2, 107, 185, 202).

En cuanto a las necesidades de los lípidos en las dietas para truchas, los criterios varían, pues algunos indican un porcentaje no menor del 5% y no mayor del 8% en grasas (94, 107, --- 202).

Otra opinión dice que niveles del 10 al 12% se consideran normales para cubrir las necesidades energéticas, sin tener que recurrir a las proteínas para ello (187).

Y criterios más específicos, subdividen las necesidades por etapas:

Alimento inicial (crías) = 18.5%

Alimento de engorda (25 g en adelante) = 17.0% (185).

Dietas iniciales = 12 a 16% de grasa

Dietas para crecimiento = 8 a 10%

Dietas para producción = 6 a 8% (46).

Una forma característica de almacén de grasa en los peces es la presencia de grandes cantidades de ácidos grasos poli-insaturados, conteniendo de 20 a 22 átomos de carbono con 5 ó 6 dobles ligaduras en la cadena. Los ácidos grasos insaturados predominantes encontrados en los animales terrestres son los de cadena corta y pertenecen a los saturados, oleico ($\omega 9$) y linoleico ($\omega 6$). En los peces la serie linoleica se reemplaza por -

la serie linolénica.

En la trucha arcoiris es poco necesaria la serie linoleica -- (w6), siendo por el contrario esenciales los ácidos grasos in saturados específicos de la familia linolénica (w3). Los ácidos grasos esenciales para la trucha son: el ácido graso tri-linoleico, el linolénico y el araquidónico (107, 185, 202). Se ha establecido como una necesidad mínima de ácidos grasos (w3) para la trucha arcoiris el 1% de la dieta (2, 46, 107, - 185, 202).

Niveles de lípidos.

El alimento consumido por el pez en la naturaleza está com--- puesto de manera principal por proteína, grasas y pocos carbo--- hídricos. La proteína se encuentra en un rango de 12-30% ---- (30-60% en base seca) y 3-15% de grasa (9-40% en base seca). De una manera rápida, los peces en crecimiento pueden utili--- zar la proteína para construir y mantener el tejido corporal, y la grasa para proveer energía (107, 202).

Con respecto al punto de fusión de las grasas, relacionado -- con el grado de insaturación, tiene una presión importante so bre la digestibilidad. Las grasas líquidas son rápidamente di geridas y usadas por el pez. Por el contrario, los peces no - utilizan con efectividad las grasas que tienen un alto punto de fusión (94, 107, 119, 202).

Asimismo, se cree que las grasas duras disminuyen la capaci--- dad de adaptación a los cambios de temperatura del agua (94, 107, 202).

Experimentos.

Se describieron en estos experimentos con detalle las necesidades de ácidos grasos en la trucha arcoiris (Salmo gairdneri). - En todos los casos, la alimentación con dietas que contenían -- ácidos grasos poli-insaturados resultó con un crecimiento pobre y una baja conversión alimenticia. El ácido linolénico fue superior al linoleico en la estimulación del crecimiento y mejora de la conversión alimenticia. La necesidad de ácido linolénico (ácidos grasos w-3) en la trucha arcoiris es del 1% de la dieta o aproximadamente 2.7% de las calorías dietarias. Los síntomas por una deficiencia de ácidos grasos esenciales fueron curados o prevenidos con la inclusión de ácido linolénico; siendo entre otros una erosión de las aletas, cardiopatía y un síndrome de - choque. Se concluyó que la inclusión de ácido linolénico tuvo - un papel esencial en la trucha arcoiris, similar al que se da - con el ácido linoleico en el hombre y los animales superiores - (23).

Se describe cómo algunos cambios fisiológicos en la trucha arcoiris (Salmo gairdneri) pueden ser atribuidos a una insuficiencia dietaria de ácidos grasos esenciales de la serie w-3 (linolénico). En los peces alimentados con una dieta libre de grasas, se produjo un incremento mucho mayor de una hinchazón mitocondrial. El ácido linolénico resultó más efectivo en la reducción de la hinchazón. Las dietas sin ácidos grasos w-3 demostraron - un incremento en el rango de respiración hepática, un contenido muy bajo de hemoglobina y un incremento del agua muscular (22).

Se determinó la composición de ácidos grasos en hígado, riñón, cerebro y lípidos corporales de los peces alimentados con una dieta libre de grasas o con aquellas que contenían cantidades conocidas de ácidos oleico, linoleico o linoléico. Una dieta libre de grasas o una que contenía ácido oleico como única --- fuente de lípidos produjo niveles elevados de ácido eicosatrie noico (20:3w9). El linoleato y linolenato dietarios deprimie-- ron los niveles de trieno. El ácido fórmico elevó las concen-- traciones a 20:4w6 y 22:5w6 con un incremento posterior en los niveles tisulares a 22:6w3. Los lípidos dietarios afectaron la composición de los ácidos grasos de fosfolípidos a grados mu-- cho mayores que aquellos de lípidos neutros. La necesidad de-- mostrada de ácidos grasos w3 en peces sugiere que la propor--- ción de 20:3w9/22:6w3 en la fracción de fosfolípidos puede --- usarse como un indicio en la nutrición de ácidos grasos esen-- ciales. Los peces que recibían 0.7% o más de linolenato en la dieta tuvieron proporciones de 20:3w9/22:6w3 ó menores que 0.4. Las dietas que producen estos valores proporcionales o menores, son aparentemente adecuadas en ácidos grasos w3 (serie linole-- nato), y cubren las necesidades nutricionales de juveniles, -- que se pueden juzgar por el crecimiento y otros parámetros fi-- siológicos (21).

Se determinó la asimilación de los ácidos grasos esenciales en los peces; de lípidos neutros a fosfolípidos tisulares, en condiciones de ingestión adecuada e inadecuada de ácidos grasos esenciales, así como en el ayuno. Se alimentó a juveniles de trucha arcoiris con una dieta semipurificada que contenía diversos niveles de aceite de hígado de bacalao, con o sin olefina suplementaria. El análisis de los ácidos grasos indicó que todos los tratamientos de los lípidos neutros combinados no se modificaron mientras se les alimentaba, pero no mejoraron por la síntesis exógena o endógena de los ácidos grasos. Los peces que recibieron dietas desprovistas de ácidos grasos esenciales mantuvieron prácticamente todo el ácido docosahexanoico que se encontraba presente en cada lípido combinado, desde un principio. Los peces alimentados con dietas que contenían ácidos grasos esenciales, los depositaron en proporción a los niveles dietarios. Después de 4 semanas de ayuno, no hubo cambio en los niveles relativos de los ácidos grasos en los lípidos neutros, indicando que todos los ácidos grasos con lípidos neutros se catabolizaron por igual, incluyendo a los ácidos grasos esenciales. Durante el ayuno hubo una retención selectiva de los ácidos docosahexanoico y linoleico con los fosfolípidos combinados (24).

La digestibilidad de diferentes grasas en la trucha arcoiris y el visón demostró valores muy altos en ambos. Los coeficientes de digestibilidad en los peces no mostraron diferencias notorias en dos temperaturas del agua (3 y 11° C). La trucha arcoiris y el visón tuvieron una respuesta muy similar a la digestibilidad con las grasas dietarias y los ácidos grasos. Ambas especies revelaron una disminución de la digestibilidad de lípidos totales y ácidos grasos con un incremento en el punto de fusión. De esta manera el aceite de soya, el aceite de hígado

de bacalao y el aceite de capelin fueron digeridos eficientemente, mientras que el aceite de capelin hidrogenado resultó disminuido en su digestibilidad. Una suave hidrogenación a los 21° C tuvo un punto de fusión de un leve efecto. La digestibilidad de los ácidos grasos saturados e insaturados fue influenciada simi-- larmente por la hidrogenación. La digestibilidad de los diver-- sos ácidos grasos disminuye con el incremento de sus cadenas -- largas de hasta 18 carbonos. Un incremento más distante en una cadena larga de 22 carbonos provoca un aumento de la digestibi-- lidad. Los ácidos grasos insaturados demostraron una mayor di-- gestibilidad que sus contrapartes saturadas (8).

El reemplazo parcial del aceite de soya o el aceite de pescado con grasa animal en dietas para trucha arcoiris (Salmo gairdneri), no demostró efectos adversos. En peces manejados a 11° C -- se dió una tendencia menor a la deposición de grasa corporal to-- tal y una mayor humedad corporal, a diferencia de los controla-- dos a 20° C. El factor de condición (K) no demostró una rela--- ción significativa con algún factor dietario, factor de rendi-- miento o composición corporal total. El estudio confirmó los re-- sultados de otros investigadores, de que las grasas animales -- son fuentes convenientes de energía para usarse en alimentos de trucha (130).

No se observaron efectos adversos en el reemplazo del aceite de soya o el aceite de pescado con grasas animales, en las dietas proporcionadas a la trucha arcoiris durante 182 días a 11° C. -- La influencia de la composición de los ácidos grasos de los lí-- pidos dietarios sobre el crecimiento de la trucha arcoiris pare-- ce ser secundario con respecto a otros factores de la dieta, -- siempre que la misma contenga las cantidades adecuadas de áci-- dos grasos esenciales. La composición de ácidos grasos de los -- lípidos animales refleja el de los lípidos de la dieta (140).

Fue dirigido un estudio con el fin de aclarar el valor de los ácidos grasos libres (AGL), como un criterio de la calidad de las grasas y aceites en las dietas para salmónidos. El aceite de capelin con diversos contenidos de AGL (0.1 - 11%) se dió a crías de trucha arcoiris (Salmo gairdneri), por una parte, y a salmones parr (Salmo salar) en otro ensayo. El crecimiento de los peces fue adecuado en todas las dietas experimentales de ambas pruebas. El nivel de AGL no tuvo un efecto significativo sobre el crecimiento de los peces. Para la trucha arcoiris la mortalidad fue algo mayor con las dietas menores (1.8%) en comparación con las mayores (11%), de contenido de AGL, pero para el salmón parr no hubo una clara relación entre la mortalidad y el nivel de AGL en el aceite de pescado. En la composición química de los cuerpos y sus características, la única diferencia significativa se dió con los peces alimentados con un bajo contenido de AGL, los que presentaron un leve engrasado corporal. La digestibilidad de la proteína, grasa y energía bruta de la dieta no parece ser influenciada por el contenido de AGL en la dieta. Se concluyó que el contenido de AGL en la dieta como único criterio, no indica el valor de la grasa como un ingrediente alimentario para los salmónidos (6).

Fue determinada la digestibilidad de las grasas en la trucha arcoiris utilizando una cámara metabólica. Los extractos fecales fueron separados, congelados y secados; y se les eliminaron --- cuantitativamente los lípidos totales. La digestibilidad de los lípidos fue comparable a la obtenida por otros métodos (85-91%). Este método evita problemas debido al asentamiento y las variables del paso acelerado, a través del intestino que se presentan con otros métodos (45).

Se formularon dietas secas para salmónidos con un contenido diverso en combinaciones de aceite de salmón, aceite de linaza y grasa bovina. Después de ser peletizadas, las muestras de cada dieta se almacenaron en un cuarto de temperatura controlada --- (de 18 a 22°C) o se refrigeraron (de 3 a 5°C) durante 4 meses. En los intervalos entre el inicio y los siguientes meses, las muestras de cada dieta se examinaron para observar los signos de lipólisis y oxidación de los lípidos mediante la determinación del contenido de ácidos grasos libres, valores molares del ácido tiobarbitúrico, valores de peróxido y cambios en los ácidos grasos totales poli-insaturados. Los tres niveles de los ácidos grasos libres de las dietas se incrementaron levemente entre el muestreo inicial y el final; y los incrementos fueron mayores al haber temperaturas de congelación. Los valores molares del ácido tiobarbitúrico y del peróxido de los lípidos extraídos de las dietas restantes, fueron menores durante los 4 meses del período de congelación. No hubo cambios apreciables en la composición de los ácidos grasos dietarios entre las mediciones iniciales y los 4 meses en congelación, a una u otra temperatura. No se afectó ninguno de los índices usados para medir la oxidación de los lípidos al mezclar las grasas saturadas y las altamente insaturadas en dietas secas peletizadas (56).

La calidad del alimento de los salmónidos puede ser influenciada por la alimentación, la cría y el manejo. Las variaciones prolongadas se observan en el color y el contenido de las grasas, los cuales pueden ser afectados marcadamente por los ingredientes del alimento y la composición de la dieta. La calidad del alimento demostró variaciones individuales entre los peces y puede, en consecuencia, ser cambiada también a través de la cría de los salmónidos (7).

Se alimentó a truchas arcoiris (Salmo gairdneri) con dietas --- prácticas que contenían, una aceite de pescado, y la otra grasa de cerdo; suplementando con 0, 50, 500 ó 1500 mg de acetato de alfa-tocoferol por Kg de dieta durante 4 meses antes de la recolección. Fueron determinados los efectos de la dieta en sus propiedades sensoriales, composición ácida de la grasa, nivel tisular de alfa-tocoferol y la oxidación lípida durante el depósito en congelación. La fuente de grasa dietaria o el acetato de alfa-tocoferol no afectaron significativamente las propiedades -- sensoriales de las truchas, evaluadas en filetes frescos o después de una congelación prolongada. Hubo influencia en la composición de los ácidos grasos musculares y viscerales, de manera más notoria con los niveles de ácidos grasos w-3 y w-6. Los niveles tisulares de alfa-tocoferol se incrementaron significativamente con 500 y 1500 mg de acetato de alfa-tocoferol por Kg de dieta. El nivel dietario de acetato de alfa-tocoferol necesario para prevenir los síntomas de deficiencia de vitamina E, resultó más elevado en los peces alimentados con la dieta de aceite de pescado que en los alimentados con la dieta de grasa suina. Los peces alimentados con las dietas que contenían 500 y -- 1500 mg de acetato de alfa-tocoferol, tuvieron niveles muy bajos de malonaldehído después de una etapa de congelación a --- -80° C durante 4 meses, pero no después de una congelación a -- -20° C durante 10 meses (16).

Se incluyeron en el alimento de la trucha arcoiris (Salmo gairdneri) el cloranfenicol (CF), el ácido oxolínico (AO) y la oxite traciclina (OT), en dos distintas concentraciones (0.1 y 0.5%) de una dieta seca. A la administración de uno u otro, la digestibilidad aparente del CF fue cercana al 99%, considerando que estuvo en un rango de 7.9% para la OT. Para el AO, esos porcentajes fueron 38.1 y 14.3%, con dosis de 0.1 y 0.5%, respectivamente.

te. El análisis de los lípidos en los distintos grupos demostró que los antibióticos no tuvieron un efecto significativo en el contenido total de lípidos y el total de ácidos grasos de la trucha. Sin embargo, todos los antibióticos mejoraron significativamente la digestibilidad de algunos ácidos grasos insaturados, cuando se dieron en dosis de 0.5% (38).

Se cultivaron truchas durante el período de 1982-84, de un peso inicial de 40 a 55 g, con alimentos peletizados; 15% con harina de pescado, 20% de productos microbiosintéticos (levaduras hidrolizadas y concentrado de proteínas y vitaminas), 0.05 y 1.0% de metionina y 0, 5 ó 10% de fosfolípidos de girasol (para proporcionar un total de grasas de 3.4 a 12%). El crecimiento fue mayor y la conversión alimenticia muy baja en las truchas que recibieron de 7 a 12% de grasas, a diferencia de aquellas que aceptaron 3.4%. Hubo disminución del crecimiento en el uso de dietas que excluyeron la metionina con grandes cantidades de productos microbiosintéticos (PM), de un 20% en comparación con los valores control. La cantidad óptima de metionina fue de 0.5%. El estado fisiológico de las truchas fue normal. Los lípidos tisulares se incrementaron con el aumento de grasa dietaria. El índice hepatosomático fue mayor en los peces que recibieron 3.4% de grasas. Los resultados indicaron que la dosis óptima de metionina en truchas de peso entre 50 y 200 g, con respecto a los valores de cistina de 0.65%, eran de 11g/Kg (3.1 a 3.4% de proteína). La suplementación de metionina es esencial para las dietas con cantidades grandes de PM (176).

Se cultivó a 600 truchas arcoiris (Salmo gairdneri) de un peso inicial de 35 g, durante 24 días en estanques con malla de ---
4.5 m³, y se les proporcionó una mezcla de alimentos con 48.7% de proteínas, 15.1% de minerales, 19% de carbohidratos y 11.8% de lípidos totales. El número de ácidos fue de 47 y 53.3 mg -- KOH/g, y el de peróxidos de 0.3 y 1.0% de yodo al inicio y final del experimento, respectivamente. Los lípidos y las vitaminas se evaluaron en el alimento y en los tejidos de las truchas al inicio y final del trabajo. El peso promedio final fue de 53.0 g. Todas las truchas demostraron signos de deficiencia de ácidos grasos esenciales (AGE), incluyendo una disminución del crecimiento, necrosis de las aletas y un incremento del peso vivo. En el alimento, el total de AGE w₃ fue de 11% de ácidos grasos totales. Las proporciones entre ácidos eicosapentanoico a docosahexanoico fueron 0.5 : 1, indicando con ésto una deficiencia en ácidos linoléico y eicosapentanoico. El ácido linoleico resultó 13.4 veces mayor que el ácido linoléico. Hubo una relación entre los ácidos grasos en el alimento y en los tejidos de la trucha. Al final del experimento los ácidos palmítico, palmitoleico, oleico y linoléico predominaron en los tejidos. De los lípidos polares, el ácido docosahexanoico era inicialmente 9.9%, disminuyendo a 4.1% al final del trabajo. La proporción de 20:3 en w₉ a 22:6 en w₃ se incrementó de 0.17 a 0.54. El total de fosfolípidos y fosfatidilcolina disminuyó. La lisofosfatidilcolina se disolvió en las membranas y sus efectos en el metabolismo se incrementaron. En el hígado de la trucha la vitamina C disminuyó y la tiamina tendió a decrecer. Durante la alimentación más de la vitamina C y un 33 y 17% de la tiamina y la riboflavina disminuyeron durante el período experimental. Después de 40 días los contenidos fueron 7.9%, 40.9% y 60.5% de los valores iniciales (158).

Durante 18 semanas, 10 grupos de truchas arcoiris (40) recibieron una dieta modelo conteniendo cada una 5% de girasol y aceite de pescado con un valor de peróxido cercano a 50, 250 ó 550 mmol/Kg; suplementado con 10 mg/Kg de dieta de acetato de --- DL-alfa-tocoferol ó 0.1 mg/Kg de dieta de selenio, o ambos; como control, 40 de DL-alfa-tocoferol más 0.2 mg/Kg de selenio - de oxidación máxima. La vitamina E suplementaria y el selenio afectaron principalmente los valores del hematocrito y la hemoglobina; con una influencia sobre la ingestión de alimento o - una ganancia leve de peso. Con un incremento del valor de peróxido, la hemoglobina y el hematocrito disminuyeron, pero su actividad relacionada en el plasma con la aspartato y alanino -- aminotrasferasas y la lactato dehidrogenasa, fue moderada. -- Los valores enzimáticos fueron menores en los controles. Con - un incremento en la oxidación, el contenido de vitamina E en - las dietas y en el hígado tendió a disminuir; y la ingestión - de alimento, conversión alimenticia, así como el peso corporal final se redujeron, pero no hubo daño muscular (111).

Durante 100 días, dos lotes de 150 truchas recibieron dietas - comerciales suplementadas con 11% de bagazo de aceite de oliva o grasa técnicamente derretida, o una dieta sin suplementar. - El contenido de lípidos totales y apolares en los músculos de los 3 lotes de truchas fue de 2.21%, 3.07% y 1.07% - 2.13%, -- respectivamente. La cuenta de triglicéridos fue mayor al 72% - del total de lípidos apolares. Aunque hubo diferencias en los ácidos grasos de las dietas, sólo se observaron efectos evidentes con los ácidos grasos C 16:1 y C 18:1 de músculos donde hubo presencia de triglicéridos. Los resultados parecen indicar que esos biproductos pueden ser costeables y útiles como componentes de raciones para truchas (68).

En un estudio prolongado se investigaron los efectos de los -- distintos niveles alimentarios (NA), en el contenido y composi- ción de lípidos sobre los músculos rojos y blancos de la tru- cha arcoiris (Salmo gairdneri), durante todo el período ini- - cial de alimentación. Se definieron de acuerdo al crecimiento esperado, tres niveles experimentales de alimentación; uno ade- cuado, de restricción moderada y fuerte. Los grupos de truchas se mantuvieron a niveles constantes de alimentación experimen- tal, o se sujetaron a cambios graduales. El contenido total de lípidos en el músculo blanco fue bajo y alto en el rojo, con - diferencias mínimas sólo entre los grupos. El contenido de gra- sa depositado en la zona dorsal, sin embargo, fue muy bajo --- cuando los NA eran bajos, pero se elevó con raciones crecien- tes. La cantidad de ácidos grasos saturados fue casi la misma en músculos rojo y blanco. Los ácidos grasos mono-insaturados fueron mayores, mientras que los ácidos grasos poli-insatura- dos resultaron menores, tanto en músculos blanco y rojo. Las - variaciones de los NA provocaron cambios de los ácidos grasos mono y poli-insaturados en músculos rojo y blanco, especialmen- te en los grupos donde los NA eran reducidos de un nivel alto a uno bajo e incrementados de uno bajo a uno alto. Esto se hi- zo particularmente evidente para los ácidos grasos mono-insatu- rados 16:1, 18:1, 20:1 y 22:1; y en los ácidos grasos poli-in- saturados 20:5 y 22:6. La composición de ácidos grasos en los músculos derivó de acuerdo al alimento. Así, los contenidos de 16:0, 18:1 y 22:6 fueron muy altos; mientras que 20:1, 22:1 y 20:5 resultaron más bajos en los músculos que en el alimento - (81).

Se formularon dietas similares a las usuales en trucha arco- - iris (Salmo gairdneri) en crecimiento, basadas en una inclu- - sión media y moderada con lípidos de 10% y 14% (niveles modelo

de energía), a una relativamente "alta energía", en dietas que contenían 18 y 22% de lípidos, respectivamente. Cada dieta era isonitrogenada, con un 42% de proteína. Se alimentó a libre -- acceso a juveniles de trucha arcoiris, de peso inicial de 10 g, durante 10 semanas de crecimiento a prueba. Hubo una ganancia significativa en el peso promedio de las truchas arcoiris que habían recibido las dietas más altas en energía, aunado a una mejora en la conversión alimenticia y una utilización total de la proteína. Aunque se dió una dirección decreciente en la ingestión de alimento con relación al peso corporal con el incremento de lípidos dietarios, resultó insuficiente para prevenir una mayor deposición de grasa corporal (41).

Signos de deficiencia y exceso de lípidos.

Signos de deficiencia: Crecimiento pobre, debido a que los -- aminoácidos esenciales son utilizados para requerimientos energéticos; necrosis de la aleta caudal, hígado decolorido y grasoso, despigmentación dérmica, edema, aumento en la hinchazón mitocondrial, reducción leve de la hemoglobina, anemia, degeneración renal y hepática. Se pueden observar movimientos natatorios violentos con pequeños impulsos hacia adelante, seguido -- por menos movimientos, flotan aproximadamente unos 5 minutos -- antes de recuperarse. Puede aparecer una mortalidad alta con dietas de maíz o de aceite de soya (22, 23, 46, 185).

Signos de exceso: Obstrucción intestinal, degeneración renal y hepática; el hígado se aprecia pálido, hinchado y con grasa insoluble pigmentada; edema acuoso, anemia grasa infiltrada en riñones y bazo; y reducción en la ganancia de peso, sin haber aumento de grasa corporal (146, 185).

e) Vitaminas.

Las vitaminas son sustancias que aunque se apartan bastante del concepto general de un alimento, resultan de importancia en la alimentación animal. Actúan como catalizadores al participar en sistemas enzimáticos. Aunque se necesitan cantidades pequeñas, su carencia provoca trastornos graves y aun la muerte, por lo que su presencia en la alimentación debe ser constante y adecuada (46, 48, 155, 185).

Su conocimiento en los últimos años ha aumentado, reconociéndose en la actualidad 16 vitaminas; siendo posible que se descubran otras. Las vitaminas conocidas son:

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

Las vitaminas hidrosolubles son mucho más metabolizables y son las que constituyen el llamado complejo B, además del ácido ascórbico. El complejo B está compuesto por la numerosa serie de vitaminas presentes en la levadura de cerveza o en el hígado de res. Entre ellas se encuentran la tiamina, la riboflavina, la niacina, la piridoxina, el ácido pantoténico, la biotina, el ácido fólico, la vitamina B12, el inositol, el ácido paraaminobenzoico (PABA) y la colina.

Algunas vitaminas se encuentran en más de una forma, principalmente la A y la D. Cada vitamina efectúa funciones que no son posibles de substituir por otra, aunque sus acciones están interrelacionadas.

Las necesidades cuantitativas de las vitaminas no estaban establecidas, hasta que Wolf (1951) desarrolló una dieta purificada satisfactoria para truchas. La cantidad diaria recomendada

de cada vitamina en particular, se presenta con frecuencia en términos de unidades internacionales (UI) (94, 185).

Las funciones metabólicas son similares en todos los animales y la semejanza aumenta para el sistema de coenzimas dependientes de vitaminas. Las diferencias en la importancia relativa de varios sistemas enzimáticos, son dependientes de las especies. Algunos procesos enzimáticos y caminos metabólicos de escasa importancia en mamíferos, pueden ser esenciales para los peces (107, 202).

Como el aparato digestivo de los peces es de estructura y función muy sencilla, existe la franca necesidad de suplementar las dietas de peces con vitaminas. En general los requerimientos vitamínicos de los peces se parecen a los de los animales no rumiantes, con excepciones muy contadas (46).

Como los alimentos para peces contienen en ocasiones niveles altos de aceite, éste puede oxidarse e inactivar de ésta manera a varias vitaminas. Por este motivo deben agregarse cantidades mayores de los requerimientos establecidos por el NRC para tener la seguridad de que los peces reciban los niveles adecuados (46).

Vitaminas Liposolubles.

Vitamina A.- Algunos estudios han reportado que la vitamina A es esencial para la trucha y previene cataratas. Otras investigaciones han fracasado en demostrar estas necesidades, lo cual debe ser asumido de que la vitamina A es necesaria, hasta que sea demostrado de otra manera (202).

El valor de la vitamina A del aceite de hígado de bacalao y de otros aceites de pescado se debe a la presencia de vitamina A y no al caroteno. Tanto el caroteno como la vitamina A se destruyen fácilmente por oxidación, pero son relativamente estables al calor en ausencia del aire (48).

En apariencia, la trucha no es capaz de convertir cantidades significativas de caroteno en la vitamina A; por lo tanto el caroteno no debe usarse como una fuente de vitamina A (119, - 202).

Las necesidades establecidas de vitamina A indican una cantidad de 2000 UI/Kg de alimento seco (46, 107).

Experimentos.

Se cultivaron grupos duplicados de truchas arcoiris juveniles, con dietas prácticas y suplementando con niveles geométricamente crecientes de vitamina A (como palmitato de retinol), de -- 4000 a aproximadamente 8'104,000 UI/Kg de dieta durante 16 semanas, a $15.2 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Los signos mayores de hipervitaminosis A en trucha arcoiris fueron: depresión del crecimiento, incremento en las mortalidades, necrosis y anomalías de las aletas anal, caudal, pectoral, pélvica; así como hígados friables y amarillentos. El nivel máximo tolerable de vitamina A en la trucha arcoiris es aproximadamente de 904,000 UI/Kg de dieta, mientras que niveles por encima de los 2'704,000 UI/Kg de dieta son tóxicos. La hipervitaminosis A en trucha, también dió como resultado la presencia de algunas deformaciones espinales;

sin embargo no hubo un efecto aparente del exceso de vitamina A sobre el metabolismo del ácido ascórbico. Los niveles de hierro hepático decayeron con los niveles crecientes de vitamina A dietaria y hepática, indicando el efecto de la vitamina A sobre el metabolismo del hierro en la trucha. No hubo efectos -- con un incremento dietario de vitamina A, aparentemente en el contenido mineral de los riñones, escamas y vértebras (59).

Signos de deficiencia y exceso de vitamina A.

Signos de deficiencia: Ascitis, edema, exoftalmia; hemorragias en la cámara anterior del ojo, base de las aletas y riñones; - cuerpo levemente coloreado, apetito escaso, crecimiento pobre, cataratas, anemia, agallas en forma de masa, mortalidad alta y opérculo torcido. Por otra parte, la vitamina A se destruye -- con las grasas rancias (46, 107, 185).

Signos de exceso: Inflamación de ojos; aumento en el tamaño de hígado y bazo; retardo del crecimiento, lesiones en la piel, - queratinización en el tejido epitelial, necrosis de la aleta - caudal; formación del hueso en forma anormal y fusión de vértebras, niveles elevados de grasa en el cuerpo y de colesterol, así como un hematocrito bajo (46, 59, 185, 202).

Vitamina D.- Se conocen tres tipos de vitamina D: la vitamina D₁, sin valor actualmente por haberse demostrado ser una vitamina impura (vitamina D₂ más lumisterina); la vitamina D₂ es un producto derivado de la ergosterina por irradiación con luz ultravioleta; y la vitamina D₃, existente en los aceites de pescado (48).

Algunas investigaciones no han descrito evidencias positivas de que la vitamina D sea esencial para la trucha, pero esto debe considerarse de forma que ésta es necesaria (46, 119). Puede ser administrada como vitamina D₃ sintética en un nivel propuesto de 600 unidades USP (U S Pharmacopeia Unite) por libra de alimento. Niveles excesivos de vitamina D son perjudiciales para animales superiores y deben evitarse en las dietas para trucha (119, 202).

Experimentos.

Se encontró que la vitamina D₃ es esencial para la trucha arcoiris. La deficiencia de vitamina D₃ en la trucha arcoiris fue caracterizada por letargo, anorexia, presentación clínica de tetania sin hipocalcemia, incremento en el contenido de lípidos corporales, músculo e hígado blancos, aumento de la materia seca corporal, disminución marcada en la ganancia de peso y una menor eficiencia alimenticia. Los depósitos de minerales en el hueso y sangre no sufrieron alteración, a diferencia de los mamíferos. No hubo efectos en la ganancia de peso o con la eficiencia alimenticia en truchas mantenidas en las siguientes condiciones: agua con un contenido de 30 ppm de calcio y un incremento en el nivel de calcio dietario de 0.36 a 11%; con lo cual se elevaron las cantidades de lípidos en el músculo blanco y disminuyeron los niveles renales de magnesio, pero no hubo efectos en la ganancia de peso o en la eficiencia alimenticia, independientemente de los niveles de vitamina D₃. Las truchas que

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

recibieron alimento con un contenido de 1000 UI/Kg de vitamina D₃, no ostraron cantidades detectables de 25-hidroxicolecalciferol ó 24-R-25-dihidroxicolecalciferol en el plasma (9).

Durante un período de 28 días consecutivos, se realizó un experimento de crecimiento, usando grupos triplicados de 110 truchas arcoiris con un peso corporal promedio de 3.0 g al inicio. Se suplementó ergocalciferol y colecalciferol en niveles de -- 200, 400 y 800 UI/Kg, en dietas semipurificadas de caseína gelatinizada; y se incluyeron otros tratamientos con 0 UI/Kg de vitamina D y 1600 UI/Kg de D₃. Los resultados de las curvas de crecimiento fueron significativos por su paralelismo. El análisis estadístico demostró que la D₃ fue 3.27 veces más potente que la D₂ (con límites de 2.33 a 4.50). Las necesidades dietarias de la D₃ se encontraban con un exceso de 800 UI/Kg de dieta. Los peces deficientes en vitamina D no presentaron cambios en cenizas óseas, pero demostraron manifestaciones clínicas de tetania sin hipocalcemia. Se observó una ausencia completa de tetania en los grupos alimentados con dietas de 800 y 1600 --- UI/Kg de D₃. Ninguno de los niveles de D₂ usados fue lo suficientemente completo, como para aliviar los signos de éste desorden orgánico. Estos estudios en la trucha arcoiris dieron evidencia de que la vitamina D es necesaria para el funcionamiento normal del músculo blanco, sin que se altere el contenido de calcio de la musculatura epaxial o del plasma (11).

El 25-hidroxicolecalciferol dietario (25-OH-D₃) y el 1,25 dihidroxicolecalciferol 1,25-(OH)₂D₃ demostraron la actividad de la vitamina D en la trucha arcoiris. Sin embargo la inclusión del colecalciferol dietario (vitamina D₃), el ergocalciferol - (vitamina D₂) (25-OH-D₃) ó el 1,25-(OH)₂D₃ no dieron resultados en la presencia de niveles detectables de vitamina D o de

25-OH-D en el plasma sanguíneo de los peces. Los peces alimentados con dietas desprovistas de vitamina D durante un período de tiempo prolongado, demostraron síntomas de caída de la cola, el síndrome similar a la lordosis que se relacionó aparentemente con una debilidad muscular desde que el examen de rayos X indicó que no había anormalidades en el desarrollo vertebral. Las necesidades de vitamina D, como de colecalciferol tenían un excedente de 1600 UI/Kg de dieta y pueden ser tan altas como las 2400 UI/Kg de dieta o más altas que ésta (10).

Signos de deficiencia y exceso de vitamina D.

Signos de deficiencia: Una conversión alimenticia elevada, aumento del número de células sanguíneas y una desigual absorción del calcio y el fósforo intestinales (185).

Signos de exceso: Un crecimiento desigual; descalcificación, especialmente de las costillas; letargia, coloración oscura y una cantidad elevada de calcio en el suero sanguíneo provoca da por dosis mayores de D3 (185).

Vitamina E.- En el año de 1936 Evans obtuvo la vitamina E pura; en 1938 Karrer logró su síntesis. Evans y Mme. Emerson, a partir del aceite de germen de trigo, lograron tres tocoferoles: - alfa, beta y gamma. Se considera que la vitamina natural es una mezcla de alfa y beta-tocoferol, abundante en los aceites de -- palma y algodón, en las semillas de cereales (principalmente -- trigo), hojas verdes de las plantas (sobre todo la lechuga). El gamma-tocoferol es abundante en el germen del maíz; en menor -- cantidad, en el aceite de algodón y palma (48).

La vitamina E es necesaria para la trucha, pues en casos de deficiencias se dan aumentos en la mortalidad. Además es un antioxidante natural que previene la oxidación de algunas vitaminas y ácidos grasos no saturados, tanto en las células como en el - alimento (119, 202).

Los requerimientos recomendados de vitamina E son de 30 mg/Kg - de alimento seco (46, 107).

Experimentos.

Se examinaron las necesidades y el metabolismo de la vitamina E en la trucha arcoiris (Salmo gairdneri), en dietas que conte--- nían 1% de ácido linoleico como única fuente de grasas insatura das y niveles graduales de vitamina E (0.06-10 mg/100 g). El -- crecimiento de los peces se duplicó en un período de 5 a 16 se manas. En el hígado, la vitamina E se concentró en mitocondrias y pequeñas cantidades en citosol. Administrada oralmente la vi tamina E radioactiva se absorbió en plasma e hígado, pero su -- asimilación en eritrocitos y músculo blanco fue mucho más lenta. En vez de que la radioactividad tisular se hubiera prolongado - de manera uniforme, después de un período cercano a los 3 días, en el músculo rojo la radioactividad se incrementó por un perío do de 10 días. La actividad de las enzimas que previnieron un - daño tisular severo no se modificó con la deficiencia de vitamí

na E. La deficiencia de vitamina E en la trucha no fue grave en sus efectos, ni provocó patología subcelular; incluso en hígado y músculos, con bajos niveles de la vitamina. El ácido ascórbico estimuló la peroxidación de lípidos en organelos hepáticos, indicando con ello una necesidad de vitamina E de 2 a 3 mg/100 g de dieta. En truchas alimentadas con dietas carentes de suplementación en vitamina E (10 mg/100 g), la proporción molar de ácidos grasos poli-insaturados en sus hígados, fue de 980 y 170, respectivamente (34).

Se realizó un experimento factorial usando dos grados de oxidación en 7.5% de aceite de pescado suplementado (valores de peróxido de 5 y 120 meq/Kg de aceite), dos niveles de acetato de DL-alfa-tocoferol suplementario (0 y 33 mg/Kg de dieta) y dos niveles de etoxiquina (0 y 125 mg/Kg de dieta) en suplementación. Fue significativamente diferente ($P < 0.05$) el número del ácido tiobarbitúrico dietario, el porcentaje de peso de los ácidos grasos poli-insaturados y los ácidos grasos ω -3 del total de ácidos grasos; entre las dietas con aceite de pescado fresco y el altamente oxidado. El alfa-tocoferol dietario fue reducido significativamente ($P < 0.05$) por la adición del aceite altamente oxidado después de 24 semanas de almacenamiento de los alimentos, mientras que el nivel del acetato de DL-alfa-tocoferol suplementario no cambió. Los peces alimentados con varias dietas no demostraron diferencias en el crecimiento, la proporción ganancia:alimento, la composición corporal o la actividad en plasma de la glutatión peroxidasa. La mortalidad, el porcentaje de células rojas hemolizadas por el peróxido de hidrógeno y las concentraciones en plasma e hígado de alfa-tocoferol fueron afectados significativamente por la adición de aceite altamente oxidado o por el acetato de DL-alfa-tocoferol; pero no por la etoxiquina, con excepción de que la mortalidad

se redujo por la suplementación de etoxiquina. Los resultados de este estudio sugieren que no es necesario suplementar vitamina E o etoxiquina, para prevenir una deficiencia de vitamina E en truchas arcoiris alimentadas con dietas prácticas que contengan 7.5% de aceite de arenque de buena calidad durante 24 semanas (71).

Una aparente radioactividad después de la administración oral del $3 \mu\text{Ci}$ -alfa- [5 metil- H^3] tocoferol y el $10 \mu\text{Ci}$ DL-alfa- -- [3', 4' - C^{14}] acetato de tocoferol en el plasma, hígado, riñón, bazo y corazón de la trucha arcoiris; demostró un incremento exponencial superior a las 32 horas, seguida por una nivelación o una leve declinación desde las 32 a las 64 horas. La radioactividad en el músculo esquelético se incrementó exponencialmente por encima de las 8 horas, seguida de un aumento lineal superior a las 64 horas. Las comparaciones de la radioactividad en el plasma con el H^3 y el C^{14} sugieren que la ingestión de D-alfa-tocopherol (EOH) fue de 6 a 8 veces más alta que la del acetato de DL-alfa-tocopherol (EAc) en las primeras 4 horas y de 2 a 3 veces mayor entre 8 y 64 horas. En la nivelación, la cantidad radioactiva de H^3 y C^{14} se incorporó por unidad de peso húmedo en los tejidos, disminuyendo en el siguiente orden: hígado > riñón > plasma > bazo > corazón >> músculo esquelético. Más del 87% del H^3 y el C^{14} radioactivos se encontraron al estar libre el alfa-tocopherol en plasma e hígado. Las vitaminas afectadas radioactivamente se limitaron principalmente a un plasma bajo en densidad de lipoproteínas (con densidad de 1.015 a 1.085). Estos estudios se basan en la hipótesis de que la ingestión, el transporte y la distribución del EAc después de la hidrólisis en el tracto gastrointestinal de truchas, son seguidos por un modelo similar al del tipo del EOH (72).

Grupos de truchas arcoiris (Salmo gairdneri) de un peso promedio inicial aproximado de 8 g, crecieron fuera de estanques en un período de 14 semanas, con temperaturas del agua entre los 12°C -- (inicio) y 6°C (final). Se usaron cuatro dietas. Dos contenían -- aceite de pescado sin oxidar (120 g/Kg) con o sin acetato de DL-alfa-tocoferol suplementario y dos conteniendo aceite de pescado ligeramente oxidado, con o sin acetato de DL-alfa-tocoferol. El contenido de selenio medido en las dietas fue de 0-10 mg/Kg. No hubo diferencias significativas como consecuencia del uso del -- aceite de pescado ligeramente oxidado, comparado con los tratamientos correspondientes del uso del aceite sin oxidar. Hubo diferencias significativas entre las técnicas dietarias que contenían acetato de DL-alfa-tocoferol suplementario, y en aquellas que no lo contenían. Se observaron diferencias en la ganancia -- de peso, hematocrito, fragilidad de eritrocitos, mortalidades, concentraciones de vitamina E en músculos e hígado; y peroxidación de lípidos en las mitocondrias del hígado in vitro. La actividad de la glutatión peroxidasa en el hígado no fue afectada por las técnicas dietarias usadas; y las proporciones de ácidos grasos en los lípidos polares de hígado y músculos, dieron leve cambio con el uso de las dietas. Se observaron daños severos en los músculos de las truchas alimentadas con dietas carentes de acetato de DL-alfa-tocoferol. En experimentos previos con otro grupo de truchas arcoiris, a una temperatura constante del agua de 15°C, y usando dietas carentes de vitamina E suplementaria; no hubo diferencias en las ganancias de peso, cambios patológicos o mortalidades. Las necesidades de vitamina E pueden aumentar en tanto la temperatura del agua disminuya; los requerimientos mínimos de vitamina E medidos a una temperatura de 15° C -- constante del agua, no pueden ser válidos bajo condiciones prácticas mientras las temperaturas del agua varíen durante el año (36).

Grupos duplicados de truchas arcoiris (Salmo gairdneri) de peso promedio de 11 g, recibieron durante 40 semanas una de las 4 dietas purificadas parcialmente, y que fueron adecuadamente bajas en selenio o vitamina E, o en ambas. Las ganancias de peso de las truchas que recibieron dietas dobles deficientes, fueron significativamente menores que en las truchas que habían recibido una dieta completa o deficiente en selenio. No se presentaron casos de mortalidad, y la única patología observada fue una diatesis exudativa en las truchas doblemente deficientes. Hubo una interacción significativa entre ambos nutrientes, con respecto al contenido del volumen celular y a la formación de malondialdehído in vitro en el sistema de peroxidación de lípidos dependiente del NADPH microsomal. Los niveles tisulares de vitamina E y selenio disminuyeron de una forma muy baja, en las truchas alimentadas con dietas carentes de esos nutrientes. Hubo en el plasma un efecto significativo de la vitamina E dietaria sobre la concentración del selenio. La actividad de la glutatión peroxidasa en el hígado y plasma fue significativamente más baja en las truchas que habían recibido dietas bajas en selenio, pero eso fue independiente de la ingestión de vitamina E. Las proporciones de la actividad de la glutatión peroxidasa hepática medidas con hidropéroxido de cumeno y peróxido de hidrógeno, fueron las mismas para todos los tratamientos. Esto confirma la ausencia del selenio independiente en la actividad de la glutatión peroxidasa en el hígado de las truchas. La deficiencia de selenio no causó primordialmente un incremento compensatorio en la actividad de la transferrasa hepática (GSH); los valores fueron esencialmente los mismos en todos los tratamientos. La actividad de la piruvato quinasa en plasma se incrementó significativamente en las truchas deficientes en ambos nutrien-

tes. Se considera que esto es debido al derrame de la enzima sobre los músculos, y puede ser un incipiente indicio de daño muscular (subclínico) (13).

Se mantuvieron en una instalación de corriente a truchas arcoiris, con selenio adicional, de 0 a 0.6 mg/Kg en el alimento; y en otra prueba, los peces se conservaron en un local con un circuito parcial, recibiendo vitamina E adicional de 0 a 400 mg/Kg de alimento. Las truchas que recibieron dietas sin selenio adicional o vitamina E durante 10 semanas aproximadamente; perdieron el apetito, hubo pérdida de la coloración, se presentó inflamación branquial con obstrucción de los opérculos, los hígados demostraron una coloración café amarillenta y hubo anemia. Todos los que recibieron selenio o vitamina E se desarrollaron normalmente (110).

Signos de deficiencia y exceso de vitamina E.

Signos de deficiencia: Un fluido seroso en la cavidad abdominal, riñón, hígado y bazo; fragilidad de las células rojas sanguíneas, crecimiento pobre, baja conversión alimenticia, degeneración celular, esterilidad, mortalidad excesiva, agallas en forma de mazo, edema pericardial, ascitis; alimento generalmente rancio, debido a que la vitamina E es un fuerte antioxidante. La vitamina E está involucrada con el selenio y la vitamina C para una reproducción normal y puede tener una relación con la permeabilidad de la membrana del embrión y la incubación de los peces. Se destruye con las grasas rancias. El refuerzo de vitamina E puede prevenir la anemia causada por la rancidez del alimento (46, 107, 185).

Signos de exceso: Ausencia del crecimiento, toxicidad en hígado y una acumulación de vitamina E en el ovario (185).

Vitamina K.- En 1935 Dam demostró que el síndrome hemorrágico de las gallinas sometidas a dieta carencial se podía curar al suministrar un extracto lipóide de plantas verdes, al cual se le atribuyó la capacidad para la coagulación normal de la sangre y le dió el nombre de vitamina K, inicial de koagulation en danés.

Se han aislado varios compuestos con actividad vitamínica K. -- Son 3 los más conocidos. La K1, aislada de las plantas verdes; la K2, de las papillas de pescados en putrefacción, y la K3 o Phticol, encontrada en la cubierta de los bacilos de Koch (48). Los requerimientos establecidos de vitamina K son de 80 mg/Kg de alimento seco (46, 107).

Signos de deficiencia y exceso de vitamina K.

Signos de deficiencia: Anemia, tiempo de coagulación prolongado, un bajo hematocrito de forma crónica; palidez de agallas, bazo e hígado; hemorragias en agallas, ojos, base de las aletas y tejidos vasculares; asimismo, hay mortalidad (46, 107, 119, 185, 202).

Signos de exceso: No hay en apariencia trastornos por un exceso de vitamina K (46, 107, 119, 185).

Vitaminas Hidrosolubles.

Todas las vitaminas del grupo B y el ácido ascórbico se disuelven en agua. Las hidrosolubles deben reponerse casi a diario - debido a que su almacén corporal es pobre. Los peces necesitan vitamina B1 o tiamina; vitamina B2 o riboflavina; vitamina B6 o piridoxina; vitamina B12; ácido fólico; biotina; colina; nicotina o ácido nicotínico; ácido pantoténico; inositol y ácido - ascórbico o vitamina C (46).

Vitamina B1 o Tiamina.- En 1941 Mac Henry y Gavin demostraron que la vitamina B1 es indispensable para la transformación de los glúcidos en grasas, actuando como activador.

Algunas de sus funciones son la glucogénesis hepática; regula la actividad cardíaca y muscular; tiene acción analgésica en las neuritis e interviene en la regulación de la temperatura - corporal (48). Se necesitan 10 mg/Kg en la dieta (46, 107).

Experimentos.

Se alimentó a truchas arcoiris de un año de edad con una dieta purificada con y sin suplementación de tiamina durante 30 semanas, al término de las cuales aparecieron signos evidentes de deficiencia en el grupo no suplementado. Otros signos de la deficiencia de tiamina fueron: anorexia, depresión y ataxia. La muerte siguió con rapidez al desarrollo de los signos de una - deficiencia en tiamina. En muestras de eritrocitos e hígado se midieron la actividad de la transcetolasa y los niveles de pirofosfato de tiamina. Después de 24 semanas de alimentación, - se encontraron diferencias significativas en la actividad de - la transcetolasa en los eritrocitos de peces de ambos grupos. No se encontró una diferencia significativa de la actividad de la transcetolasa hepática, entre las truchas alimentadas con - dietas con y sin suplementación de tiamina. Después de 16 semanas de alimentación, los niveles de pirofosfato de tiamina re-

sultaron significativamente más bajos en los eritrocitos e hígado de los peces alimentados con dietas carentes de tiamina. Los niveles de pirofosfato de tiamina en eritrocitos e hígado son más representativos de indicar el estado de la tiamina -- que la actividad de la transcetolasa en los eritrocitos o el hígado de la trucha arcoiris (99).

Signos de deficiencia y exceso de vitamina B1 o tiamina.

Signos de deficiencia: Anorexia, atrofia muscular; convulsiones y pérdida del equilibrio; edema; disminución del crecimiento; hemorragias internas; anemia; degeneración muscular y vascular; los extremos nerviosos no recuperan su excitación; se observa un marcado nerviosismo, cabeza retraída, en ocasiones un color púrpura se presenta en el cuerpo; melanosis en los peces más viejos; opacidad de la córnea; parálisis de las aletas dorsales y pectorales; hígado graso; lesiones cerebrales y una mortalidad alta (46, 53, 107, 185, 202).

Asimismo, se puede dar una deficiencia por consumir muchas especies de agua fría que contengan una enzima anti-tiamina, la tiaminasa (202).

Signos de exceso: En el caso de la tiamina no se presentan -- (46, 119, 185).

Vitamina B2 o Riboflavina.- Su papel más importante lo desarrolla en los procesos oxi-reductores celulares; además como estimulante del crecimiento, regula el aumento de peso. Junto con la vitamina B1 interviene en el metabolismo del sistema nervioso; estimula el nervio óptico y se cree que evita algunos tipos de cataratas (48).

Las necesidades recomendadas de vitamina B2 o riboflavina son de 20 mg/Kg de alimento seco (46, 107).

Experimentos.

Se alimentó a crías de trucha arcoiris (Salmo gairdneri) con dietas purificadas que contenían niveles graduales de suplementación en riboflavina (0,3,6,12,18, 24 y 54 mg/Kg), durante un período de 20 semanas. El suministro de riboflavina celular -- del control se estimó en base a la actividad de la eritrocito glutatión reductasa (EGR), una enzima que es dependiente de la riboflavina, derivada de la flavina adenin dinucleótido (FAD). Así, el nivel dietario de riboflavina produjo crecimiento en -- el ayuno, una eficiencia alimenticia:proporción de ganancia y valores normales en el coeficiente de actividad de la EGR, que fueron cercanos a los 3 mg de riboflavina suplementaria por Kg de dieta (70).

El propósito de este estudio fue determinar cuál de las dietas prácticas para el cultivo de truchas necesita suplementación -- con riboflavina, y qué niveles de ésta vitamina son incluidos comúnmente en dietas para truchas, sin llegar a niveles tóxicos. Sólo se diferenciaron seis dietas distintas del nivel de suplementación de riboflavina (0,4,10,25,50 y 100 mg/Kg de dieta), los cuales se formularon en una dieta básica, que proporcionó 8.2 mg/Kg. Las dietas se dieron a grupos completos en 18 estanques de 100 peces designados al azar, y el ensayo continuó durante 5 períodos de 28 días. Los peces alimentados con --

un suplemento de 4 mg/Kg de dieta, tuvieron una ganancia de peso vivo al final, mucho mayor que los alimentados con dietas de 0, 50 ó 100 mg/Kg. Otros parámetros de crecimiento (factor de condición y composición corporal), así como el consumo de alimento y la eficiencia y conversión alimenticias, no fueron afectados por el nivel de riboflavina dietaria. La dieta básica sin suplemento soportó la saturación de flavina del hígado y corazón; pero no en el bazo, riñón anterior o posterior; lo que demostró la incapacidad de esta dieta en promover una ganancia máxima de peso vivo. Los resultados sugieren que, aunque la suplementación de riboflavina en dietas prácticas es conveniente para truchas, existe un nivel óptimo de suplementación. La trucha arcoiris puede ser sensible a los niveles altos de riboflavina dietaria (198).

Se designaron dos enzimas, que por su potencial pueden determinar las necesidades de riboflavina en la trucha arcoiris (Salmo gairdneri), las cuales son la D-Aminoácido Oxidasa (DAAO) y la Glutation Reductasa (GR). Ambas enzimas hepáticas demostraron la suficiente actividad para precisar cuantitativamente las necesidades en crías, alevines y juveniles. La actividad de la GR hepática no fue afectada, aun en los peces con deficiencias severas de riboflavina. La actividad de la DAAO fue disminuida por una deficiencia de riboflavina, y en apariencia es un indicador más sensible de una incipiente insuficiencia vitamínica de ambas flavinas tisulares almacenadas o se observaron síntomas severos. La actividad de la DAAO no fue afectada por la reducción en la ingestión de alimento, indicándolo así el par de controles alimentarios. Los resultados sugieren que la actividad hepática máxima de la DAAO, podría demostrar su utilidad para determinar las necesidades de riboflavina en juveniles de trucha arcoiris (199).

Se alimentó a crías de trucha arcoiris con dietas semipurificadas que contenían niveles graduales de riboflavina suplementaria (3,35,42,56,63,70,100 y 600 mg/Kg en la dieta), para determinar si la riboflavina dietaria en exceso disminuye el crecimiento. En tres pruebas con tres tallas de peces (de peso inicial promedio: 0.5, 3.2 y 4.3 g); y con dos temperaturas del agua (8.3 y 15°C), no se detectó una inhibición significativa en el crecimiento que estuviese relacionada con la dieta. Los resultados sugieren que la trucha arcoiris, como otros animales, son insensibles a los excesos de riboflavina dietaria; y que la disminución del crecimiento descrito por otros investigadores fue el resultado de alguna otra influencia dietaria, o de un diseño experimental defectuoso (69).

Se usaron dos lotes de peces diferentes en su potencial de crecimiento, con dos temperaturas (10 y 15°C); para determinar -- las necesidades de riboflavina dietaria sobre los parámetros -- de crecimiento, saturación tisular y una función bioquímica -- flavina dependiente. Se realizaron dos experimentos con dietas purificadas, basadas en caseína libre de vitaminas. En el primer experimento, las crías (inicialmente, 2.0 g/pez) se alimentaron durante 16 semanas a 15°C, con dietas que contenían: 0.6, 2.6, 3.6, 4.6, 5.6 ó 6.6 mg/Kg de riboflavina de dieta. En el segundo experimento, las crías (de un inicio de 1.7-1.8 g/pez) estuvieron entre 10 ó 15°C; y alimentadas durante 10 semanas, con dietas que contenían 0.7, 2.7, 3.7, 4.7, 6.7 u 8.7 mg/Kg de riboflavina. Las necesidades de riboflavina para el máximo rango de crecimiento, saturación de flavina hepática, saturación de flavina en bazo y riñón superior y la máxima actividad de la D-aminoácido-oxidasa hepática; fueron: 3.6, 4.6, 6.6 y 5.6 mg/Kg de dieta, respectivamente; en una dieta que contenía 40% de proteína cruda y 15% de extracto etéreo. Las necesida--

des no fueron afectadas por la temperatura, o por diferencias determinadas genéticamente en el crecimiento máximo. Cuando se expresó en base a la energía dietaria, la necesidad de riboflavina en la trucha; para un nivel máximo de crecimiento y de flavina hepática, apareció en forma similar a las diferentes especies homeotérmicas (197).

Signos de deficiencia y exceso de vitamina B2 o riboflavina.

Signos de deficiencia: Vascularización de la córnea; nubes y cataratas en los ojos; hemorragia ocular, nasal y opercular; fotofobia; incoordinación; pigmentación anormal del iris; coloración oscura; construcciones estriadas de la pared abdominal; anorexia; anemia; crecimiento pobre; dermatitis y alta mortalidad (46, 53, 107, 119, 185, 202).

Signos de exceso: No existen signos declarados por un exceso en vitamina B2 o riboflavina (46, 107, 185).

Vitamina B6 o Piridoxina.- Esta vitamina fue obtenida sintéticamente por Harris y Folkers en Estados Unidos, y Kuhn en Alemania en el año de 1939. Es sensible a la luz solar y ultravioleta (48).

Las truchas alimentadas con dietas altas en proteína necesitan una cantidad mayor de piridoxina, a diferencia de las alimentadas con dietas bajas en proteína. Esta es una variación estacional en el requerimiento de piridoxina en la trucha, lo que es independiente de la temperatura del agua. Las necesidades son mayores durante el período de crecimiento rápido en la primavera y el verano; y disminuyen durante el lapso de menor crecimiento, así como en invierno (119, 202).

Las necesidades recomendadas de vitamina B6 o piridoxina son de 10 mg/Kg de dieta (46, 107).

Signos de deficiencia y exceso de vitamina B6 o piridoxina.

Signos de deficiencia: Desórdenes nerviosos, convulsiones epilépticas; hiperexcitabilidad; ataxia; anorexia; edema de la cavidad peritoneal con un fluido seroso incoloro; brincos respiratorios rápidos; opérculos flexibles; coloración iridiscente azul-verdosa; retardo en el crecimiento; anemia; indiferencia a la luz (una dieta alta en triptofano aumenta la necesidad de piridoxina); alta mortalidad y celeridad en llegar al rigor mortis (46, 53, 107, 185).

Signos de exceso: No se presentan signos por exceso en vitamina B6 o piridoxina (46, 107, 185).

Vitamina B12.- Smith y Parker en 1948, en Inglaterra obtuvieron la vitamina B12 del extracto proteolizado del hígado del buey; y Fantes en 1949 hizo lo mismo (48).

Se considera necesaria para el crecimiento normal, para la formación adecuada de sangre y mantener saludable el tejido nervioso. La vitamina B12 y el ácido fólico, tienen funciones com

plementarias en el metabolismo de los peces (108).

Las necesidades recomendadas de vitamina B12 son de 0.2 mg/Kg de alimento seco (46, 107).

Signos de deficiencia y exceso de vitamina B12.

Signos de deficiencia: Anorexia; interrupción del metabolismo de proteínas; baja conversión alimenticia; crecimiento reducido; la hemoglobina es errante y baja, los eritrocitos se observan fragmentados y con muchas formas inmaduras; si se asocia con una deficiencia de ácido fólico, se puede presentar anemia macrocítica (46, 53, 107, 119, 185, 202).

Signos de exceso: No se presentan en el caso de la vitamina B12 (46, 107, 185).

Acido Fólico.- Es el factor "H" de la nutrición de la trucha, descrito por Mc Cay y Dillay en 1927, y que se escapó de la identificación hasta 1961 (119, 202).

Se considera esencial en la síntesis de los ácidos nucleicos, DNA y RNA, siendo así necesario en la formación adecuada de los eritrocitos (108).

Las necesidades de ácido fólico se recomiendan en una cantidad de 5 mg/Kg de alimento seco (46, 107).

Signos de deficiencia y exceso de ácido fólico.

Signos de deficiencia: Anemia macrocítica; letargia; coloración oscura; fragilidad en las aletas, en especial la caudal; disminución en la resistencia a las enfermedades; crecimiento pobre; anorexia; rompimiento de bazo; fluido seroso en cavidad abdominal; disminución en el ritmo de la natación y exoftalmia (46, 53, 107, 185, 202).

Signos de exceso: No hay indicios de un exceso por ácido fólico (46, 107, 185).

Biotina.- Fue estudiada por Liebig (1869), Wilders (1901), Ba-
teman (1916) y Boas (1927). Kogl (alfabiotina) la aisla de la
clara de huevo (1941) y Du Vigneaud (betabiotina) del hígado
(1942) (48, 53).

La biotina, como un componente de varias coenzimas, tiene un
papel importante en la adición (carboxilación) y eliminación
(descarboxilación) del dióxido de carbono en varias reaccio-
nes; como sucede en la síntesis de ácidos grasos (acetil Co A
carboxilasa), oxidación de carbohidratos (piruvato carboxila-
sa), síntesis de niacina y proteína microsomal; y formación -
de amilasa pancreática (108).

Las necesidades recomendadas de biotina están establecidas en
1 mg/Kg de dieta (46, 107).

Experimentos.

Una dieta deficiente en grasa y biotina, simultáneamente detu-
vo la ganancia de peso, la eficiencia alimenticia, la resis-
tencia para nadar y el total de lípidos del hígado. La grasa
dietaria sólo redujo los lípidos corporales e incrementó la
grasa corporal. Por el contrario, el efecto de la biotina fue
mayor que el de las grasas sobre los ácidos palmítico y esteá-
rico, y amplió sus proporciones de 16:0 a 16:1; de 18:0 a ---
18:1; de 18:2 a 20:4 y de 18:3 a 22:5 de ácidos grasos en el
hígado. Las grasas se acentuaron también con la acumulación -
hepática de los ácidos oleico y linoleico provocado por la --
privación de biotina y una aparente obstaculización del ácido
docosapentanoico que impidiese la síntesis de biotina en la -
trucha. Los peces alimentados con grasa y sin biotina presen-
taron las menores; y los que recibieron biotina y sin grasa,
mayores actividades hepáticas de la acetil Co A carboxilasa -
(ACC) y piruvato carboxilasa (PC). Aquellos alimentados sin -
suplementos de biotina y sin grasa; y los que recibieron am--

bos nutrientes, demostraron actividades hepáticas similares de ACC (123).

Se estudiaron en la trucha arcoiris los síntomas de la deficiencia de biotina. De seis grupos de peces, uno recibió dietas distintas en el tipo de lípidos, carbohidratos y contenido de biotina. Los peces alimentados con deficiencia de biotina - en sus dietas ganaron menor peso, y tuvieron una conversión alimenticia inferior que los controles; pero no padecieron anorexia y tampoco se observaron en ellos signos patológicos mediante el análisis macroscópico y microscópico. Hubo una marcada reducción en la concentración de biotina hepática y en las actividades de la piruvato carboxilasa y la acetil Co A carboxilasa, características en la deficiencia de biotina. También se dió algún cambio marcado en los niveles de enzimas y otros componentes hepáticos; esos cambios fueron influenciados por la composición de la dieta, además de la ingestión de biotina. Los niveles del lactato tendieron a incrementarse en la deficiencia de biotina, cuando las dietas contenían energía; mientras la actividad en la síntesis de citratos y alfa-cetoglutarato disminuía, pero esos cambios fueron reversibles cuando las dietas carecían de energía. En consecuencia, algunos efectos secundarios de la deficiencia de biotina están relacionados con la composición de la dieta. En algunos tratamientos, los ácidos palmítico y oleico de los triglicéridos musculares, en la deficiencia de biotina en la trucha, fueron significativamente más bajos que en los peces bajo control; pero no hubo evidencia de ello entre los lípidos musculares y la extensión en la cadena de ácido linoleico en la trucha suplementada con biotina en sus dietas (189).

Signos de deficiencia y exceso de biotina.

Signos de deficiencia: Anorexia; lesiones en el colon; atrofia muscular; crecimiento reducido; aparición de una pellicula azul (enfermedad del limo azul); espasmos; anemia; lesiones en la piel; estamina reducida; contracción de la aleta caudal; -- elevada conversión alimenticia; fragmentación de eritrocitos; el hígado se observa de menor tamaño y anormalmente pálido; y se da una mortalidad alta (46, 53, 107, 185, 202).

Signos de exceso: Disminución del crecimiento; los niveles excesivos se pueden contrarrestar con la adición de ácido fólico o de niacina (119, 185).

Colina.- Durante mucho tiempo se consideró a la colina como -- una de las partes constitutivas del fosfolípido betaína, pero su significación nutritiva se reconoció hasta 1932, en que --- Best y sus colaboradores demostraron que la colina era parte - activa de la molécula de lecitina, la cual evitaba la degeneración grasa del hígado de los perros despancreatizados (48).

La colina reacciona químicamente con la acetil Co A para la -- formación del compuesto neurotransmisor acetilcolina. Es tam-- bién un constituyente de las grasas relacionado con las subs-- tancias lecitina y esfingomielina (48, 108).

Los requerimientos recomendados de colina se establecen en --- 3000 mg/Kg de dieta (46, 107).

Signos de deficiencia y exceso de colina.

Signos de deficiencia: Baja conversión alimenticia; crecimen-- to reducido; hemorragias en riñones e intestinos; exoftalmia; distensión abdominal; cuerpo levemente coloreado; infiltración grasa en hígado; el vaciado gástrico se incrementa y hay ane-- mia (46, 53, 107, 185, 202).

Signos de exceso: No se presentan (46, 185).

Niacina o Acido Nicotínico.- La niacina, en la forma de niacinamida, es un componente esencial de dos enzimas, la dinucleótido adenina nicotinamida (NAD) y la dinucleótido fosfato adenina nicotinamida (NADP). Ambas, NAD y NADP están involucradas como donadoras y receptoras en la liberación de energía de los tres nutrientes que la aportan; carbohidratos, lípidos y proteínas. Es necesaria la niacina en todas las células vivas --- (108).

Los requerimientos de niacina o ácido nicotínico se establecen en 150 mg/Kg de dieta (46, 107).

Experimentos.

Se alimentó a grupos triplicados de 75 truchas arcoiris (Salmo gairdneri) de un peso promedio de 0.76 g, con dietas semipurificadas que contenían niacinamida adicional en cantidades de - 0.0, 2.5, 5, 10, 20, 40, 80 ó 160 mg/Kg de dieta (ppm), durante 16 semanas; para determinar la cantidad necesaria de niacinamida para un crecimiento óptimo, conversión alimenticia y la prevención de la dermatopatía inducida por luz ultravioleta. - Al final del estudio, los peces se expusieron a 275 watts, con lámparas limitadas en el espectro de la luz ultravioleta B --- (280-360 UV) durante 20 horas. Las truchas alimentadas sin niacinamida crecieron significativamente más despacio que las restantes. El crecimiento aumentó con cada incremento de niacinamida desde las 10 ppm, pero no con incrementos mayores. La conversión alimenticia respondió paralelamente a la niacinamida. La exposición a la luz ultravioleta inducía lesiones dérmicas en las truchas alimentadas a cantidades menores de 10 ppm de niacinamida. Inicialmente, aparecieron puntos blancos localizados en la parte anterior de las aletas dorsal, caudal y pectoral; convirtiéndose en despigmentadas y translúcidas. Después, la erosión extensiva en las aletas caudales y pectorales fue -

acompañada por una descamación de la epidermis y tejidos subyacentes del pedúnculo caudal, cabeza y boca. Los resultados indicaron que la trucha arcoiris necesita por lo menos 10 ppm de niacinamida; para un crecimiento óptimo, conversión alimenticia y protección contra "quemaduras solares" causadas por la luz ultravioleta (125).

Signos de deficiencia y exceso de niacina o ácido nicotínico.

Signos de deficiencia: Crecimiento pobre; baja conversión alimenticia; debilidad; movimientos bruscos o difíciles; coordinación reducida; mortalidad por estrés al manejo; edema gástrico y en colon; espasmos musculares durante el descanso; tetania; fotofobia; hinchazón de agallas; opérculos ensanchados; anemia; letargia y hemorragias en piel (46, 53, 107, 185, 202).

Signos de exceso: No se manifiestan (46, 119, 185).

Ácido Pantoténico. - En 1938 R.J. Williams y Coll, estudiaron la naturaleza química del ácido pantoténico. En 1940 Harris, Stiller, Finkelstein y Folkers la sintetizaron (48).

El ácido pantoténico tiene funciones como parte de la coenzima A (Co A), en el metabolismo y liberación de energía de los tres nutrientes que la proveen; carbohidratos, lípidos y proteínas mediante el ciclo del ácido tricarbóxico. El ácido pantoténico, como componente de la Co A, es necesario para la síntesis de grasas. La Co A está involucrada como un receptor y donador de grupos acetato (en reacciones de acetilación) y es vital en todos los procesos de necesidades energéticas (108).

Las necesidades de ácido pantoténico se establecen entre 10 y 20 mg/Kg de dieta, dependiendo del tamaño de los peces y la composición de la dieta (108).

Signos de deficiencia y exceso de ácido pantoténico.

Signos de deficiencia: Anorexia; proliferación del epitelio branquial; hinchazón de laminillas branquiales; apariencia general mordisqueada; cabeza apinada; depresión; letargia; crecimiento pobre; aletas desgastadas; las células sanguíneas se separan y hay mortalidad elevada. Se asocia al ácido pantoténico con la enfermedad de la mancha mucoide (slime-patch) --- (46, 53, 107, 119, 185, 202).

Signos de exceso: No se observan (46, 107, 185).

Inositol.- Fue descubierto por Scherer (1850); e identificado por Maquenne (1887). Woolley demostró que era un factor preventivo en la alopecia de los ratones (1940); y la estructura del factor activo, el mio-inositol, fue reportado por Posternak (1936) y por Dangschat (1942). Mc Laren (1947) observó un crecimiento pobre en truchas alimentadas con dietas deficientes en inositol, y esos síntomas fueron confirmados por Halver en el salmón (1953) y en la carpa por Aoe y Masuda (1967) (53). El mio-inositol, es ciclohexitol biológicamente activo y es un componente estructural de los tejidos vivos (108). Las necesidades recomendadas de inositol son de 400 mg/Kg de dieta (46, 107).

Signos de deficiencia y exceso de inositol.

Signos de deficiencia: Distensión gástrica; aumento del vaciado estomacal; lesiones en piel; aletas frágiles, puede perderse la aleta caudal; crecimiento pobre; anorexia; edema; coloración blanquecina en el hígado; anemia; se aprecia una coloración oscura y se presenta una mortalidad alta (46, 53, 107, 119, 185, 202).

Signos de exceso: No se presentan (46, 107, 185).

Vitamina C o Acido Ascórbico.- La vitamina antiescorbútica de Helst (1912) fue identificada con el ácido ascórbico por Szent-György y sintetizada en 1933, por Reichstein. Se presenta en tres formas: reducida, ácido L-ascórbico; oxidada, dehidro-L-ascórbico; y forma unida, ascorbigen, con un aporte proteico posiblemente fermentativo (48).

Estudios de Kitamura (1965) y Halver (1969), dan evidencias de que los salmónidos necesitan ácido L-ascórbico dietario. Los requerimientos de vitamina C en truchas y salmones dependen en apariencia de varios factores que incluyen la talla del pez, la tasa de crecimiento, otros componentes dietarios y las condiciones de estrés bajo las cuales pueden ser cultivados (108).

Las necesidades recomendadas de vitamina C o ácido ascórbico, indican 100 mg/Kg de dieta (46, 107).

Experimentos.

La síntesis del ácido ascórbico a partir de la glucosa radioactiva en truchas arcoiris de un año y maduras, no es concluyente en la actualidad, pero puede darse en algún pez. La vida media biológica del ácido ascórbico radioactivo en el riñón superior de las truchas arcoiris de un año de edad, sobre las bases de los análisis por el método de Saari, fue aproximadamente de 20 a 21 días. Los niveles de ácido ascórbico en los tejidos de truchas arcoiris con una dieta total, demostraron que las concentraciones más altas se encontraron en las gónadas femeninas, cerebro, riñón superior, testículos, bazo, hígado, músculos rojo y blanco, ojos y tejido cardíaco; obteniendo las concentraciones más bajas en este orden. La concentración de ácido ascórbico en el ovario maduro puede representar un depósito considerable de la vitamina, lo cual también puede sugerir una función crítica del ácido ascórbico en la reproducción de estos animales, y que una alimentación con deficiencia en vitamina C o ácido ascórbico destinada a

un lote de crías podría por lo tanto perjudicar la fisiología reproductiva de las truchas (65).

Durante 3 meses se mantuvo a truchas arcoiris (de 250 g), a -- 15°C, con dietas de ácido ascórbico (25 mg/Kg de alimento se-- co); se proporcionó ácido ascórbico radioactivo mediante ali-- mentación forzada, dando después 12 veces por semana un alimento que contenía 100 mg/Kg (necesidad normal). Se colocó a 5 pe ces en cámaras metabólicas durante 4 períodos sucesivos de 5 - días en los que; la orina total, el agua fecal y el agua branquial se recolectaron diariamente. Los peces fueron sacrificados y los tejidos específicos (de hígado, riñón anterior, cerebro y pedazos de piel) fueron removidos y congelados con rapi-- dez. Todas las muestras se analizaron mediante el carbono 14, el ácido ascórbico radioactivo y el ascorbato-2-sulfato. El -- análisis de regresión de la excreción diaria indicó: $t_{\frac{1}{2}} = 42$ - días en este nivel de ingestión ascórbica. Después de 20 días, el horario de alimentación se cambió en 3 veces por semana. -- Las muestras del carbono 14 en los peces alimentados, se obtu-- vieron después de 1, 2, 3 y 4 meses. Los niveles de carbono 14 en tejidos se graficaron contra el tiempo y revelaron diferen-- tes caídas para los dos rangos de períodos alimentarios. El -- análisis de regresión indicó que la vida media en cada órgano, excepto el cerebro, es dependiente del nivel dietario del as-- corbato; $t_{\frac{1}{2}}$ se incrementaba a medida que decrecía el consumo. La fijación y la liberación en el cerebro fue lenta, formando un pico entre los 33 y 52 días; y un pico posterior $\frac{1}{2} = 145$ -- días. Las concentraciones de ácido ascórbico y ascorbato-2-sul fato en varios tejidos, reflejaron el consumo de vitamina C -- dietaria. Los niveles totales de vitamina C (reducida y sulfa-- tada) fueron mantenidos en el hígado, aun con la disminución - de vitamina C en la dieta. Las estimadas de los órganos corpo-- rales para C1 son de 21 a 27 mg/Kg en ambos niveles de consumo.

El nivel más alto de consumo en ascorbato CT fue de 92 a 93 -- mg/Kg, pero disminuyó por un 34% al nivel mínimo de alimentación de 61 a 62 mg/Kg. Los datos sugieren que 2 ó más órganos corporales incluyen un almacenamiento de ascorbato-2-sulfato. Esta forma de ascorbato es convertida fácilmente en metabolitos tisulares, y reducida en ácido L-ascórbico (182).

Signos de deficiencia y exceso de vitamina C o ácido ascórbico.

Signos de deficiencia: Escoliosis; lordosis; opérculos anormales; alteración de la producción de colágeno; cartílago anormal; agallas en forma de mazo; hiperplasia muscular; lesiones en ojos; riñón, hígado, intestino y músculos hemorrágicos; crecimiento retardado; anorexia; mortalidad aumentada y anemia -- ocasional (46, 53, 107, 119, 185, 202).

Signos de exceso: No se manifiestan (46, 107, 185).

Interacciones de Vitaminas.

Se revisaron en la literatura disponible los estudios de la interacción de los nutrientes; tanto la dietaria como la metabólica, las cuales tienen relación directa en la nutrición de -- los peces. Se consideraron cuatro tipos principales de interacción de nutrientes: 1, interacciones vitamina-vitamina (vitamina B12 y ácido fólico; ácido ascórbico-vitamina E); 2, interacciones vitamina-mineral (vitamina D-calcio; vitamina E-selenio; ácido ascórbico-cobre; ácido ascórbico-hierro); 3, interacciones mineral-mineral (calcio-fósforo; magnesio-calcio; magnesio-fósforo; cobre-zinc; selenio-cobre); 4, interacción composición de la dieta-micronutriente (tiamina-carbohidrato; piridoxina--proteína; vitamina E-ácidos grasos poli-insaturados; zinc-fito de calcio)(61).

f) Minerales.

Se llama mineral a cualquier sustancia inorgánica homogénea - que forma parte de la corteza terrestre. En la célula los minerales se presentan como sales o combinados con carbohidratos, proteínas y lípidos; cuando se ionizan las sales, se forman -- aniones y cationes. Estos iones sirven para conservar la presión osmótica y el equilibrio ácido-básico, tanto en líquidos corporales como en las células (185).

Los seres vivos necesitan sustancias minerales para que sus - funciones se desarrollen normalmente, además de los principios nutritivos conocidos y las vitaminas. Las necesidades orgáni-- cas de minerales son consideradas ínfimamente cuantitativas en comparación con las exigencias de elementos energéticos; pero esto no indica que su importancia sea menor. Una prueba de esto es que un animal puede estar alimentado adecuadamente en to dos los aspectos, pero si la ración alimenticia carece de elementos minerales, se verá que pronto aparecen trastornos en - su salud, los cuales progresarán hasta llegar en ocasiones a - la muerte (48).

Las necesidades minerales de los peces son difíciles de cuantificar con precisión. En vista de que muchos minerales se necesitan en pequeñas cantidades, es complicado el formular dietas para el medio ambiente que estén lo suficientemente libres de minerales para realizar estudios de deficiencias o necesidades. Los minerales esenciales se pueden obtener del agua mediante - el cambio a través de las membranas branquiales o de la absorción de los alimentos por el intestino. De las necesidades de los salmónidos; al menos con el calcio, cobalto, hierro, magnesio, potasio, sodio, zinc y otros, pueden obtenerse directamente del agua. Algunos minerales como cloruros, fosfatos y sulfa

tos son obtenidos más eficientemente de algunas sales (46, 53, 107, 108).

El desempeño de los minerales tiene una amplia variedad de funciones estructurales, bioquímicas y fisiológicas. Son esenciales para la vida animal por lo menos 22 minerales: 7 macrominerales (calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro, magnesio y azufre) y 15 elementos traza (hierro, zinc, cobre, manganeso, níquel, cobalto, molibdeno, selenio, cromo, yodo, fluor, estaño, silicio, vanadio y arsénico). Aunque la mayoría de esos elementos son posiblemente necesitados por los peces, se ha demostrado que sólo minerales dietarios son requeridos o utilizados -- por los salmónidos. Con frecuencia los minerales traza se han adicionado a las dietas de salmónidos para asegurar una suplementación adecuada de minerales (108).

Ingestión total de minerales.

Durante 23 semanas Wolf alimentó truchas arcoiris con una dieta sintética sin suplementación mineral. Las truchas crecieron y sobrevivieron dentro de los rangos normales. No se observaron signos anormales asociados usualmente con deficiencias minerales. Su conclusión fue que las necesidades mínimas de la trucha se habían cubierto por medio de las sustancias disueltas en el agua de la piscifactoría. Sin embargo, las dietas -- usadas contenían 55% de caseína, la que probablemente suministró calcio, fósforo y otros minerales traza. Un estudio posterior de Ogyno y Kamizono demostró las necesidades de suplementos minerales en la trucha arcoiris. Durante 50 días, se alimentó a truchas juveniles con una dieta sintética que contenía niveles graduales de una mezcla de sal (formulada para ratas) con elementos traza.

Con las dietas carentes de la mezcla de sal hubo un retraso -- del crecimiento, alta mortalidad y deformaciones del esqueleto (cabeza deforme, escoliosis y lordosis). El nivel óptimo dietario de la mezcla de sal en condiciones experimentales, se basó en un 4% del crecimiento y en el conteo de glóbulos rojos --- (108).

La absorción de elementos inorgánicos a través del sistema digestivo también afecta la osmorregulación. Muchas investigaciones de elementos inorgánicos en los peces se han limitado por la toxicidad y la osmorregulación (107).

Macrominerales.

Calcio y Fósforo. - Debido a su importancia estructural y a sus interacciones metabólicas, con frecuencia se consideran juntas las necesidades de calcio y fósforo. El fosfato de calcio es - el mayor constituyente de los huesos. Otras funciones importantes del calcio incluyen la osmorregulación, la coagulación sanguínea, la irritabilidad nerviosa y como un factor de reacciones enzimáticas. A diferencia del calcio, el fósforo es un componente de una variedad amplia de moléculas orgánicas.

La mayor parte del calcio necesitado por los salmónidos puede ser absorbido por medio del agua, mientras que el calcio dietario es utilizado escasamente. La absorción del calcio disuelto en la trucha de arroyo, fue afectada levemente por una concentración de calcio existente en el agua de 5 a 50 ppm. Otros minerales pueden deprimir la absorción del calcio (magnesio, estroncio, bario, cobre y zinc). La vitamina D no parece ser necesaria en la absorción del calcio del agua o de la dieta. Inversamente, el fósforo disuelto es absorbido pobremente por la trucha, mientras que el fósforo dietario se usa para cubrir la mayoría de las necesidades de los salmónidos.

Las necesidades de calcio de la trucha arcoiris pueden ser cubiertas con 16-20 ppm de calcio disuelto. En condiciones de -- agua baja en calcio, la trucha puede incrementar su absorción de calcio a través de los alimentos. El uso del calcio dietario se ha demostrado en las truchas café y de arroyo (108). Los ingredientes de dietas naturales contienen altos niveles de proteína animal, por lo que no se necesita suplementar fósforo inorgánico (como fosfato) (108).

Experimentos.

Una dieta producida en la U.S. Fish and Wildlife Service, denominada PR-11, contenía 25% de harina de arenque entero y 0.55-0.65% de fósforo disponible con fosfatos inorgánicos, los que produjeron diferencias significativas en la ganancia de peso, conversión alimenticia o mortalidad en la trucha arcoiris. Ketola demostró que los suplementos minerales son necesarios --- cuando la harina de soya se substituye por la harina de pescado, en las dietas del salmón del Atlántico y de la trucha arcoiris. El nivel de fósforo dietario disponible que se necesitó para mantener un crecimiento normal en la trucha arcoiris, se estimó de 0.7-0.8% de la dieta (108).

Estudios de Phillips indicaron que el fósforo utilizado por la trucha de arroyo fue mejor asimilado que el de una dieta de -- calcio:fósforo, en proporción de 1:1. Posteriores estudios fallaron al demostrar efectos significativos del calcio dietario, o del desempeño de la trucha arcoiris con la proporción dietaria calcio:fósforo. El nivel de los minerales en la dieta puede ser influenciado por los niveles de calcio y fósforo del -- agua (108).

A base de merluza del Pacífico entera y con un trozo de filete de merluza, previamente al calor, se evitó la degradación micro biológica y se aceleró la hidrólisis enzimática. La mitad del filete de pescado fue cubierto con ácido sulfúrico y propiónico (2.0 y 0.5% P/P) para reducir el contenido óseo del producto. Después de 10 días de almacenaje, el producto licuefaccionado se combinó con harina de pluma y fue desecado. El producto desecado, reemplazó a la harina de pescado en dietas prácticas, con las que se alimentó a las truchas arcoiris (Salmo gairdneri) durante 22 semanas. Hubo una disminución significativa en el fósforo del plasma y en todo el cuerpo. En las truchas arcoiris -- alimentadas con dietas que contenían trozos de filete hubo una disminución de las concentraciones de calcio, fósforo y magnesio en las vértebras; mientras que los peces suplementados con fósforo en la dieta tuvieron niveles similares a aquellos alimentados con dietas de pescado entero. La actividad de la fosfatasa alcalina en el plasma no se vió afectada por la dieta. Las truchas arcoiris alimentadas con la dieta del trozo de filete -- no cubierto presentaron características similares a las de los peces alimentados con pescado entero. Estos estudios demostraron que una ceniza dietaria alta presente en los productos elaborados con trozos de filete, no es nociva en las dietas porque contiene los niveles recomendados de elementos traza, como el zinc, y la cobertura reduce el contenido óseo del trozo de filete, lo que disminuye el contenido de fósforo a niveles más bajos de los necesitados en la dieta (160).

Se alimentó a truchas arcoiris durante 150 días con 4 dietas purificadas que contenían 0 y 0.5% de ácido fólico. Esas dietas -- contenían niveles crecientes de calcio y magnesio (0.92-1.30%) (0.054-0.085%), respectivamente. Los peces alimentados con las dietas que contenían ácido fólico, presentaron una reducción --

del 10% en el crecimiento y la conversión alimenticia. Al incrementar el contenido de calcio y magnesio de la dieta en presencia del ácido fólico, no se afectaron el crecimiento ni la conversión alimenticia. Los peces alimentados con dietas de un contenido superior al 1% de calcio y sin ácido fólico, demostraron una reducción del 5% en el crecimiento y conversión alimenticia. Los niveles sanguíneos de hierro y zinc de los peces alimentados con dietas que contenían ácido fólico, no fueron significativamente diferentes a los de las controladas. Los niveles sanguíneos de cobre disminuyeron en los peces que recibieron dietas con niveles crecientes de calcio y magnesio, pero no hubo influencia del ácido fólico en estos cambios. Los niveles crecientes de calcio y magnesio redujeron los niveles medios de cobre en el hígado, de 60 a 37 ppm. Fueron halladas reducciones similares cuando el ácido fólico se incluyó en la dieta. Los niveles medios de zinc hepático no tuvieron una variación importante en los peces. En el laboratorio, las pruebas confirmaron que la proteína compleja del ácido fólico (caseína) es sólo parcialmente hidrolizada por la pepsina. En vivo, las pruebas con trucha arcoiris en las que el complejo caseína-folato se substituyó por caseína, demostraron un 6.6% de reducción en la digestibilidad de la dieta. La reducción del crecimiento en los peces alimentados con dietas que contenían ácido fólico, está en relación con la reducción de la proteína aprovechable, antes -- que a una alteración en la biodisponibilidad del zinc, hierro o cobre (167).

Se probaron en truchas arcoiris (Salmo gairdneri) suplementos y mezclas minerales que contenían fósforo, magnesio, hierro, zinc, manganeso, yodo, cobalto, sodio y potasio. Hubo efectos favorables con la suplementación de fósforo en una cantidad de 3 g/Kg de alimento, en forma de sales ácidas o ácido fosfórico con mezclas conteniendo un complejo de macro y microelementos. La eficiencia de los suplementos minerales y de las mezclas fue incrementada por la formación previa de gel en el agua caliente, aunado a la harina de trigo, almidón o la mezcla principal de alimentos (77).

Signos de deficiencia de calcio y fósforo.

Signos de deficiencia de calcio: No se han descrito. Las alteraciones en el metabolismo o excreción de calcio producen una calcificación renal, lo cual es similar a las deficiencias de magnesio. Por otra parte, los depósitos de calcio no son considerados como una enfermedad infecciosa (108).

Signos de deficiencia de fósforo: Crecimiento reducido, baja conversión alimenticia y una desmineralización del hueso (53, 108, 185).

Potasio, Sodio y Cloro.

No se han producido deficiencias dietarias de potasio, sodio y cloro en los peces; aunque estos elementos son necesarios para la osmorregulación y el balance del pH en los fluidos corporales, la transmisión del impulso nervioso y otras funciones. El potasio y el sodio son los cationes mayores a nivel intracelular y extracelular, respectivamente; así como el cloro es el principal anión extracelular. El ión cloro es un componente del ácido clorhídrico, el cual es secretado en el estómago. La mayoría de las aguas frescas y las de mar contienen posiblemente las cantidades suficientes de éstos iones para satisfacer las necesidades fisiológicas de los peces (94, 119, 202).

Magnesio.

Cerca del 70% del magnesio en los peces se encuentra en los tejidos duros. Otras funciones del magnesio son la de activador - enzimático en el metabolismo de los carbohidratos y en la síntesis de proteínas. Es necesario el magnesio en los fluidos corporales para mantener la integridad de la musculatura lisa.

Experimentos.

Durante 20 semanas se dió a truchas arcoiris (Salmo gairdneri) de peso promedio inicial de 35 g, una de las dietas experimentales. Las dietas contenían (en g/Kg de dieta seca) 15 de calcio, 10 de fósforo y niveles graduales de magnesio de 0.04 (dieta No. 1) a 1.0 (dieta No. 5). En un segundo experimento, durante 20 - semanas se dió a truchas arcoiris de peso promedio inicial de - 16 g, una de las seis dietas experimentales. Las dietas conte-- nían (en g/Kg de dieta seca): 40 de calcio, 30 de fósforo y ni-- veles graduales de magnesio de 0.06 (dieta No. 6) a 2.0 (dieta No. 11). En ambos experimentos las ganancias de peso fueron más bajas en las truchas que habían recibido dietas de niveles básic-- os de magnesio (dieta No. 1 y dieta No. 6), pero aumentaron -- con un incremento en la concentración de magnesio dietario. En ningún experimento hubo un posterior aumento en la ganancia de peso, cuando la concentración de magnesio alcanzó de --- 0.5 g/Kg de dieta seca; la ganancia de peso se emparejó a este nivel del magnesio dietario. El siguiente paso se dió con un in-- cremento del magnesio dietario en las concentraciones de elec-- trolitos en el suero. El aumento del magnesio en ambos experi-- con excepción del segundo, alcanzó un máximo de 1 mmol/l cuando la dieta contenía 0.5 mg/Kg y no hubo una elevación posterior; el sodio fue correlacionado positivamente en ambos experimentos; el potasio disminuyó y excepto en el 2, alcanzó un nivel mínimo

de 1-7 mmol/l a una concentración de magnesio dietario de 0.5 - g/kg; el calcio y el fósforo fueron levemente alterados en los dos ensayos. En ambos experimentos las concentraciones de calcio renal se incrementaron demasiado en truchas que recibieron dietas con suplementación carente de magnesio; y se redujo a niveles más bajos (3-5 mmol/Kg) cuando las dietas contenían 0.15 g de magnesio ó más. Las concentraciones renales de potasio y fósforo fueron correlacionadas negativamente con el magnesio dietario a excepción del No. 2; otros electrolitos medidos, no fueron alterados en la concentración por el tratamiento usado. El volumen de fluidos extracelulares (VFEC) de los músculos, se relacionó negativamente con el magnesio dietario. Con excepción del No. 2, se alcanzó un valor mínimo o normal de 0.5 g de magnesio/Kg de dieta y no hubo un decremento posterior. La concentración de magnesio muscular se incrementó con una dieta de magnesio en ambos experimentos; y la concentración del potasio muscular también guardó relación con la dieta de magnesio, excepto en el No. 2. Esos cambios fueron relacionados al movimiento del agua muscular. Excepto en el No. 1, la concentración del fósforo disminuyó con el aumento del magnesio en la dieta; pero con excepción del experimento No. 2, las concentraciones se elevan, por lo que esos cambios pueden tener relación con la triple diferencia del fósforo dietario en los dos ensayos. En contraste con el músculo esquelético, los niveles de magnesio en miocardio se incrementaron con la ingestión de magnesio dietario bajo. Las concentraciones de electrolitos en el hígado no fueron alteradas con la dieta usada. Los resultados demostraron que las necesidades de magnesio en la trucha se encontraron con una dieta que contenía 0.5 g de magnesio/kg de dieta (88).

Durante un período de 8 semanas se les dió a truchas arcoiris - (Salmo gairdneri) de peso promedio inicial de 21 g, una dieta - baja en magnesio, así como una control; conteniendo cada una -- 0.03 y 0.58 g de magnesio/Kg de dieta, respectivamente. En am-- bos grupos se dió después la dieta control por más de 11 sema-- nas. Los pesos ganados después del período inicial de 8 semanas fueron bajos en las truchas deficientes en magnesio. Al aliment-- tar a las truchas deficientes con la dieta control, se observó una rápida mejoría de la tasa de crecimiento, hasta ser la mis-- ma de las truchas control. El magnesio del plasma fue significa-- tivamente más bajo en las truchas deficientes en magnesio, a -- las 8 semanas. Alimentando con la dieta control durante 11 sema-- nas no incrementó el magnesio del plasma. Se observaron pocos - cambios en electrolitos de otra índole, con sus concentraciones en el plasma. Las concentraciones de calcio renal no se afecta-- ron por los niveles del magnesio dietario. De manera similar, - los niveles renales de fósforo, sodio y potasio se encontraron dentro de los rangos establecidos como normales en la trucha ar-- coiris. Las concentraciones de magnesio muscular se redujeron - con esas dietas deficientes del mismo, que habían recibido las truchas. Alimentando con una dieta control durante más de 11 se-- manas, elevó el magnesio muscular, pero el nivel fue significa-- tivamente más bajo que el establecido para truchas de dieta con-- trol de 19 semanas. La concentración de magnesio de las cenizas óseas fue significativamente baja, y más alta que la de calcio; en peces deficientes a las 8 semanas, cuando se compararon con el grupo control. Al comparar los valores al inicio del experi-- mento, el total del magnesio óseo disminuyó levemente en las -- truchas deficientes durante el período inicial de las 8 semanas, pero se incrementó en el grupo control. Alimentando con la die-- ta control durante más de 11 semanas, elevó el magnesio óseo to

tal de ambos grupos de truchas; las deficientes en magnesio y las control. Los resultados demostraron que la deficiencia de magnesio impuesta en las truchas arcoiris fue de una severidad limitada, y casi se recuperaron por completo cuando se les alimentó con la dieta control (87).

Se estimó la disponibilidad relativa del magnesio dietario, -- adicionado a dietas semipurificadas, determinándose por la retención aparente. Se probaron dietas levemente deficientes, -- que contenían magnesio de cinco sales inorgánicas o provenientes de harina de hueso de pescado. También se alimentó con dietas de referencia que contenían magnesio en cantidades mínimas y bajas. Las retenciones aparentes de magnesio derivaron del -- magnesio corporal total, indicando que las concentraciones de magnesio provenientes de sales inorgánicas fueron igualmente -- disponibles (con retención aparente de 76%). La disponibilidad del magnesio de la harina de hueso de pescado fue significativamente menor (retención aparente de 54%). Los restos disponibles de las fuentes de magnesio permanecieron constantes en -- las 6 semanas del experimento, indicando que los peces fueron incapaces de incrementar su eficiencia de asimilación por el -- agua o en la dieta. Las mortalidades debidas a deficiencias de magnesio se presentaron después de 4 días, en los peces alimentados con la dieta baja en magnesio. La retención aparente, -- así como la determinación del análisis corporal total de los -- peces alimentados con dietas levemente deficientes, es un camino relativamente sencillo y susceptible de determinarse por la disponibilidad relativa (159).

En truchas alimentadas con dietas deficientes de magnesio --- (4 mg de magnesio/100 g de dieta) se desarrolló una calcificación renal; con niveles de calcio dietario de 2.7%, y una proporción de calcio y fósforo dietarios de 1:1. Con niveles muy bajos de calcio dietario (1.4%) y una suplementación de magnesio (0.1%) se produjeron en las truchas niveles normales de -- calcio renal. En truchas alimentadas con una dieta suplementada de magnesio, se obtuvo una doble ganancia de peso, en las - alimentadas sin magnesio suplementario (< 0.063 g de magne-- sio/Kg de dieta). En truchas arcoiris alimentadas con una dieta de 45% de caseína y que contenía premezcla comercial, refor^zada con elementos traza, fue necesario un suplemento de magne^ssio de 0.06-0.07% de dieta seca (108).

Signos de deficiencia de magnesio.

Signos de deficiencia: Anorexia; calcinosis renal; crecimiento disminuido; letargia; reducción de las cenizas totales del --- cuerpo y vértebras; curvatura vertebral; cataratas; mortalidad; así como cambios histológicos en fibras musculares, ceco piló^rico y filamentos branquiales (108, 185).

Azufre.

Se considera como un mineral esencial en la vida animal, pero debido a la complejidad bioquímica en el metabolismo del azu-- fre, es más recomendable el estudio patológico de sus deficien^{ci}as con respecto a los principales aminoácidos azufrados, la metionina y la cistina (53).

Microminerales o Elementos Traza.

Hierro, Cobalto y Cobre.- El hierro es un componente esencial de la hemoglobina, excepto en moluscos y ciertos artrópodos. Encabeza la lista de los minerales antianémicos, pero hay también trazas de cobre y cobalto. El hierro, al igual que otros elementos de baja solubilidad, como el zinc y el cobre, se absorbe y transporta en el cuerpo en unión de una protefna. En las células de la mucosa intestinal, se combina el hierro con una protefna, la apoferritina, para formar ferritina. La apoferritina en la mucosa es regulada por el cuerpo que toma el hierro necesario. Los suplementos de hierro en la trucha previenen la anemia e incrementan su crecimiento; sin embargo la trucha puede ser capaz de satisfacer sus necesidades por medio de la absorción directa del agua.

El cobalto forma parte de la molécula de cianocobalamina (vitamina B12), siendo aparentemente esencial. Por lo tanto, desde que se conoce a la cianocobalamina como un factor importante en la maduración de los eritrocitos, las necesidades de cobalto son obvias.

El cobre está involucrado con la absorción y metabolismo del hierro. Cuando la dieta es deficiente en cobre, los niveles tisulares de hierro disminuyen. El cobre cumple funciones en la hematopoyesis (formación de hemoglobina) y en varios sistemas enzimáticos, como el citocromo oxidasa y tirosinasa. Es esencial en el desarrollo óseo, posiblemente por medio de su papel en la síntesis de colágena (53, 94, 108, 202).

Experimentos.

Se realizaron en la trucha arcoiris dos ensayos alimentarios - para determinar los niveles máximos tolerables y la toxicidad del cobre dietario, suplementado como sulfato de cobre pentahidrato. La toxicidad del cobre dietario se presenta con 730 mg de cobre/Kg de dieta; y se caracterizó por una reducción en el crecimiento, incremento en la conversión alimenticia, rechazo al alimento y niveles elevados de cobre en el hígado. El nivel máximo tolerable al cobre dietario fue aproximadamente de 665 mg de cobre/Kg; sin embargo hubo alguna adaptación en la trucha a éste nivel dietario. Al incrementarse los niveles del cobre dietario, no hubo efectos significativos en el contenido del ácido ascórbico renal y hepático, cobre en el plasma, glucosa plasmática, niveles de hemoglobina o hematocrito y el índice hepatosomático. Los niveles renales de cobre, hierro y zinc; y los niveles hepáticos de zinc no mostraron una tendencia aparente con relación al incremento del cobre dietario. Sin embargo, ambos niveles de hierro y cobre en el hígado, se incrementaron con relación directa a la elevación de los niveles del cobre dietario. Esto puede indicar una interacción del metabolismo entre el cobre y el hierro en la trucha (92).

Signos de deficiencia del Hierro, Cobalto y Cobre.

Signos de deficiencia: Se produce anemia por una carencia de cualquiera de éstos minerales (53, 94, 108, 202).

Zinc.

Tiene varias funciones. Sirve como un cofactor de varios sistemas enzimáticos, incluyendo la anhidrasa carbónica hallada en las células rojas sanguíneas; en enzimas que intervienen en la digestión de proteínas y en las que actúan en el catabolismo de los carbohidratos. Juega un papel importante en prevenir la queratinización de los tejidos epiteliales. La insulina contiene un compuesto de zinc. Se han estimado las necesidades de zinc dietario entre 15 y 30 ppm, basadas en los rangos de crecimiento. Los peces obtienen en general el zinc suficiente, por medio del alimento o directamente del agua (53, 108).

Experimentos.

El objetivo de un estudio fue determinar la causa de las cataratas en el cristalino, en truchas alimentadas con dietas que contenían harina de pescado blanco. Después de las investigaciones preliminares, se realizaron tres ensayos con crías de trucha arcoiris (Salmo gairdneri), que fueron alimentadas con dietas prácticas que contenían, 40% de harina de arenque (dieta control) ó 40% de harina de pescado blanco; con o sin suplementos minerales. En todas las pruebas, las truchas alimentadas con harina de arenque crecieron bien y presentaron cristallinos normales. Las que fueron alimentadas con la dieta de harina de pescado blanco sin suplementar, crecieron lentamente y desarrollaron cataratas bilaterales, que se determinaron con el uso de un biomicroscopio. La severidad en las cataratas aumentó, al complementar la dieta con una mezcla de minerales (fosfatos y carbonatos de calcio, sodio y potasio). Fueron prevenidas las cataratas, pero con algún suplemento de zinc o con el Na_2EDTA ; sin embargo, no fue así con complementos de manganeso, cobre, hierro u otros minerales. No fueron determinadas

Las alteraciones metabólicas por deficiencias de zinc. Los informes de campo y las publicaciones demostraron que las cataratas relacionadas con dietas no específicas, se presentaron en el salmón y la trucha; no sólo en piscifactorías de Estados Unidos, sino también en Islandia, Gran Bretaña, África y Japón. Desde el momento en que se observó que el contenido de zinc en las dietas que contenían harina de pescado blanco era relativamente alto (60 ppm), se supuso que la absorción del zinc o la utilización de la harina de pescado blanco pudo haber sido nociva por el exceso de minerales encontrados en ella (calcio, fósforo, sodio o potasio) (80, 108).

Se administró zinc en forma de sulfato; o quelado, como proteínato de zinc; en niveles crecientes (de 4 a 1700 $\mu\text{g/g}$ de zinc), en una dieta básica de huevo blanco para crías de trucha arcoiris (Salmo gairdneri) con objeto de determinar su toxicidad. El sulfato de zinc se dió durante los primeros 55 días, y el proteínato de zinc en los últimos 118 días, de una prueba global de 173 días. Los peces alimentados con una dieta baja en zinc (4 $\mu\text{g/g}$ de zinc), tuvieron un crecimiento pobre y altas mortalidades; mientras que los niveles bajos o aumentados de zinc (90 $\mu\text{g/g}$), redujeron las mortalidades y mejoraron notablemente el crecimiento. Con niveles más altos de zinc en suplementación, superiores a los 1700 $\mu\text{g/g}$, no hubo un efecto adicional en el crecimiento o la supervivencia. La concentración de zinc en el hígado, sangre y branquias; se incrementó con niveles de zinc superiores a los 90 $\mu\text{g/g}$. Las truchas no demostraron signos de toxicidad por zinc, durante la alimentación, con niveles dietarios tan altos como son 1700 $\mu\text{g/g}$ (193).

Se alimentó a truchas arcoiris (Salmo gairdneri) con tres dietas distintas; basadas en harina de pescado, harina de soya o huevo blanco; las que contenían varios niveles en zinc. Se ana

lizó el contenido de zinc en los tejidos de varios peces después de 202 días, para determinar si algún tejido resultaba como indicador sensible del grado del zinc. Los niveles de zinc en las aletas caudales y en el cuerpo de los peces, se consideraron como un reflejo de los niveles dietarios. Se observó una estrecha relación estadística con los niveles de zinc corporal total y la concentración de él en las aletas caudales ----- ($r = 0.89$; $P < 0.01$). Al mismo tiempo, se observó una relación negativa entre la concentración de hierro corporal total y los niveles de zinc corporal total ($r = 0.87$; $P < 0.01$). Una estrecha relación negativa, también se observó con el zinc dietario y el hierro corporal total ($r = 0.95$; $P < 0.001$). Los datos indican que el zinc concentrado en aletas caudales, es representativo del nivel de éste mineral (192).

En truchas arcoiris de peso inicial de 15 g, durante 20 semanas, se dieron dietas purificadas con 15 y 150 mg de cobre suplementario por Kg, con una relación dietaria cobre:zinc de -- 1:1 y 1:4. No se observaron patologías macroscópicas en ningún tipo de peces; el crecimiento y la conversión alimenticia fueron iguales en todos los grupos de truchas. Los niveles plasmáticos de zinc se relacionaron positivamente con el consumo de zinc dietario, pero el nivel de cobre en la dieta no tuvo efecto en el cobre plasmático. Los niveles hepáticos de cobre y -- zinc, guardan también relación con el consumo dietario de los respectivos minerales. La relación dietaria cobre:zinc causó -- leves cambios en los niveles plasmáticos y hepáticos de algunos minerales, pero no se encontró alguna evidencia que indicara un antagonismo entre el cobre y el zinc en la trucha arcoiris. En relación a la actividad del cobre, la enzima zincmetalosuperóxidodismutasa en el hígado no fue afectada por el consumo del cobre o del zinc (86).

Signos de deficiencia de zinc.

Signos de deficiencia: Reducción del crecimiento; anorexia; cataratas; erosión de aletas y aumento de la mortalidad (108,185).

Selenio.

La función principal del selenio es formar parte como un componente de la enzima glutatión oxidasa, la que actúa en combinación con la vitamina E como antioxidante biológico para proteger a los fosfolípidos poli-insaturados del daño que ocasiona la oxidación en las membranas celulares. Se ha identificado también al selenio como un cofactor en el metabolismo de la glucosa.

Experimentos.

Un estudio midió las necesidades de selenio en la dieta de la trucha arcoiris, y su respuesta a los excesivos niveles dietarios. Un nivel dietario de selenio de $0.07 \mu\text{g/g}$ de materia seca con un nivel oscilante de selenio de $0.4 \pm 0.2 \mu\text{g/litro}$; y un nivel dietario de vitamina E de 0.4 UI/g de dieta seca, fueron suficientes para prevenir los síntomas claros de deficiencia del mineral. La actividad máxima de la glutatión peroxidasa en el plasma se obtuvo con un nivel de selenio dietario entre 0.15 y $0.38 \mu\text{g/g}$ de alimento seco, el cual es menor que el porcentaje de selenio encontrado en concentración de dietas comerciales. La toxicidad crónica de selenio dietario se dió a los $13 \mu\text{g/g}$ de alimento seco. Los efectos mayores por toxicidad de selenio fueron una reducción del crecimiento, baja eficiencia alimenticia y un porcentaje alto en mortalidades. No se presentaron lesiones histopatológicas, o una desviación significativa en el estudio de los parámetros sanguíneos o en el índice hepatosomático; los detectados de manera relevante en la trucha fueron --

con dietas que contenían $13 \mu\text{g/g}$ de selenio en alimento seco. - El análisis del selenio tisular indicó que la trucha pudo mantener la homeostasis con niveles de selenio dietario superiores - al $1.25 \mu\text{g/g}$ de alimento seco. La asimilación de selenio y su - acumulación en los tejidos de truchas cultivadas con dietas que contenían un exceso de $3 \mu\text{g/g}$ de alimento seco, puede ser tóxica en las truchas si se mantienen por períodos de tiempo prolongados (67).

Dos grupos duplicados de truchas arcoiris (Salmo gairdneri), -- con peso promedio de 27 g, recibieron dietas con distinto contenido de selenio (una deficiente, 0.025 mg Se/Kg; otra suplementada, 1.022 mg Se/Kg) durante 20 semanas. No hubo diferencias - significativas con los tratamientos, en las ganancias de peso; pero el volumen celular acumulado, la vitamina E hepática y las concentraciones de selenio en plasma e hígado fueron todas significativamente más bajas por una deficiencia de selenio en las truchas. Se presentó aproximadamente un 10% de ataxia, en las - truchas deficientes en selenio, y en el examen histopatológico fue evidente en las fibras nerviosas (daño en la vaina del axón) y en el hígado (una pérdida en la integridad del retículo endoplasmático, y las mitocondrias con un aparente incremento vesicular). La actividad de la glutatión peroxidasa fue reducida -- significativamente en el hígado y plasma de los peces deficientes en selenio; pero no hubo una indicación en las pruebas diferenciales, de la actividad de la glutatión peroxidasa, de algún dependiente a falta de selenio. La actividad de la glutatión -- transferrasa se incrementó significativamente con la deficiencia de selenio en la trucha (14).

Signos de deficiencia y exceso de selenio.

Signos de deficiencia: Crecimiento pobre; necrosis hepática, - cardíaca y renal; distrofia muscular; atrofia pancreática; dia- tesis exudativa y hemorragias pulmonares (53, 108).

Signos de exceso: El crecimiento se reduce; hay una pobre eficiencia alimenticia y un porcentaje alto de mortalidad (67).

Manganeso y Molibdeno.

La carencia de estos minerales puede provocar un metabolismo - anormal en mamíferos. En cuanto a los peces, es escasa la in- formación relativa a sus necesidades.

El manganeso tiene funciones como cofactor de varios sistemas enzimáticos; tiene relación en la síntesis de urea a partir -- del amoníaco, en el metabolismo de los aminoácidos y ácidos -- grasos y en la oxidación de la glucosa. Una suplementación de manganeso dietario en niveles de 12-13 mg/Kg mejoró el creci- miento y previno anomalías en la trucha arcoiris.

El molibdeno en cantidades adecuadas es usado para prevenir la caries dental en niños y animales jóvenes. En apariencia, jun- to con el hierro sirven en la prevención de la anemia (53).

Experimentos.

Se dieron en truchas arcoiris (Salmo gairdneri) de peso prome- dio inicial de 15 g, dos dietas; una baja en manganeso, y otra control, que contenían respectivamente, de 1-3 y 33 mg de man- ganeso/Kg de dieta. Los pesos ganados después del período de 24 semanas de alimentación, fueron los mismos para ambos grupos - de truchas. No fueron afectados por la ingestión de manganeso dietario el índice hepatosomático, el volumen de sangre acumu- lada y la concentración de hemoglobina; así como la protefna - plasmática y las actividades de la aspártico aminotransferasa y la alanino aminotransferasa. Se incrementaron los niveles fe

ricos y potásicos, en las truchas que recibieron dietas bajas en manganeso. Hubo una reducción significativa de los niveles hepáticos de magnesio, sodio, potasio, zinc, cobre, manganeso y fósforo en los peces que habían recibido dietas bajas en manganeso. En truchas con dietas bajas en manganeso, se redujeron -- significativamente los niveles de manganeso y calcio de las cenizas vertebrales. En el grupo de truchas con dietas bajas en manganeso se redujeron las actividades de la cobre-zinc superóxidodismutasa en el hígado, y de la manganeso superóxidodismutasa en miocardio e hígado. Las bajas actividades de ambas enzimas coincidieron con la reducción de los niveles tisulares de sus respectivos componentes metálicos (89).

Signos de deficiencia y exceso de manganeso y molibdeno.

Signos de deficiencia de manganeso: Crecimiento reducido; cataratas y crecimiento anormal de la cola (53, 185).

Signos de exceso: Aunque el manganeso y el molibdeno son levemente tóxicos, un exceso de cualquiera de ellos puede dañar el metabolismo (53).

Yodo.

El yodo fue el primer elemento investigado para prevenir una enfermedad por deficiencia en los salmónidos. Marine y Lenhart -- (1910) describieron una proliferación de tejido tiroideo en la trucha de arroyo como una simple hiperplasia (bocio endémico), en lugar del carcinoma tiroideo. Demostraron que una remisión -- completa de la hiperplasia tiroidea puede ser un efecto de la -- adición de una solución yodada en el agua de cultivo. Aunque la solución se absorbió activamente por las branquias de la trucha arcoiris, la suplementación yodada se necesitó cuando los niveles de yodo son bajos en el agua de cultivo. La harina de pescado contiene la cantidad suficiente de yodo, con lo que se previenen deficiencias de éste (53, 108, 185).

Fluor.

La carencia de este mineral traza favorece la aparición de la caries dental. Esto puede deberse en parte a sus efectos protectores sobre las funciones del vanadio. Se cree también que el molibdeno puede aumentar la función protectora del vanadio sobre la salud dental (53).

Vanadio.

Aunque se considera tóxico, el vanadio es útil en las funciones de los animales, y posiblemente también en los peces. Estas son principalmente la inhibición del colesterol y la síntesis de lípidos. Curran logró disminuir el colesterol sérico en un 20%, al adicionar vanadio a las dietas de hombres jóvenes con niveles normales de colesterol. Los individuos tratados con el vanadio, presentaron niveles bajos de colesterol. Las tasas de mortalidad por enfermedades coronarias en hombres de los Estados Unidos de América, tienen relación con la distribución geográfica del vanadio. Mientras que en peces la arterioesclerosis es todavía desconocida, pues se han reportado pocos casos. La deficiencia de vanadio provoca una desmineralización del esmalte dental. Se considera que en el futuro, las preparaciones de vitaminas y minerales para hombres y animales (incluyendo peces), bien pueden contener trazas de vanadio (53).

Toxicidad de minerales.

Si los minerales están disueltos en el agua, de 4-8 partes por billón, se presentan signos como: escoliosis, lordosis, lomo negro, daño en aleta caudal, atrofia muscular y parálisis (185).

Cadmio.

Experimentos.

Las truchas arcoiris aclimatadas al frío (6°C), que fueron expuestas a concentraciones letales de cadmio, sobrevivieron más tiempo que otras aclimatadas al calor (de 12-18°C). Los umbrales letales de 10 días indicaron que las truchas aclimatadas al frío también podían resistir concentraciones mayores de cadmio. Las concentraciones de cadmio en el plasma de peces, expuestos a 0.3 mg de cadmio/litro, disminuyeron constantemente durante el período de exposición cuando se sujetaron a 5 regímenes termales, con diferentes combinaciones de aclimatación y temperaturas experimentales. El grado de disminución en las concentraciones de calcio se relacionó con la tasa de mortalidad. Los tiempos de sobrevivencia de las truchas aclimatadas a 12°C, y subsecuentemente expuestas al cadmio en 6, 12 y 18°C; y nuevamente sometidas al cadmio con temperaturas de aclimatación, no muestran la misma dependencia a la temperatura. Los tiempos de sobrevivencia de los peces expuestos y aclimatados a 12 y 18°C fueron similares, indicando que la compensación de temperatura puede promover una mayor resistencia en los peces expuestos y aclimatados a 18°C, que a 12°C, y cambiados abruptamente a 18°C con una exposición al cadmio. El signo principal de envenenamiento por cadmio se manifiesta en los peces con una hipocalcemia severa, lo cual es similar a los casos mencionados en la literatura con varias especies. La disminución de la concentración del calcio en el plasma pudo ser la causa directa de la mortalidad (143).

g) Materias primas.

Se considera como materia prima al conjunto de materiales que llegan a formar parte del producto terminado (155).

Entre las disponibles en México, se encuentran las siguientes:

- Cereales.- Sorgo, maíz, trigo, arroz, cebada y avena.
- Materiales energéticos.- Yuca, camote, papa, melaza, azúcar de caña; frutas tropicales como el plátano, piña, etc. y sus subproductos.
- Subproductos de cereales.- Salvado de maíz, gluten de maíz, pasta de germen de maíz, harina de trigo, acemite, salvado de trigo, germen de trigo, harina de arroz, pulido de arroz, salvado de arroz, radfcula de malta y grano seco de cervecera y destilería.
- Pastas oleaginosas.- Pasta de soya, ajonjolí, cártamo, coco, linaza, girasol, cacahuete, nabo, harinolina y cartarina.
- Subproductos de matadero.- Harina de pluma, de sangre, de carne y hueso, de hueso carnoso, etc. (estos subproductos en México, por deficiencias tecnológicas y sanitarias, no reúnen normalmente las características microbiológicas adecuadas para su uso en la alimentación animal).
- Subproductos marinos.- Harina de pescado (de anchoveta, de sardina, de arenque, de tiburón; de cabezas, colas y desechos de empacadoras de pescado y crustáceos, etc.), harina de algas marinas, de espirulina, de daphnia, de artemia salina, etc.
- Subproductos lácteos.- Lactosuero deshidratado, leche descremada deshidratada, suero deshidratado de mantequilla, caseína, lactosa, etc.
- Materias grasas.- Cebo, manteca, aceites vegetales (soya, cártamo, ajonjolí, cacahuete, coquillo de aceite, etc.), aceite de pescado y de tortuga (46, 48, 127, 202).

Experimentos.

Durante un período de 168 días se alimentaron a juveniles de trucha arcoiris (Salmo gairdneri), por medio de seis dietas de distintos porcentajes de harina de soya como un sustituto de la harina de arenque. Los peces alimentados con la dieta de -- 65% de harina de soya y sin harina de arenque tuvieron un crecimiento y salud aceptables. La ganancia de peso de los peces alimentados con 5% de harina de arenque y 56% de harina de soya, no fue significativamente diferente al de los peces alimentados con la dieta que contenía 20% de harina de arenque y 31% de harina de soya. No hubo una variación considerable con la retención de proteína, retención de energía, porcentaje de mortalidad y composición corporal (con excepción de la grasa cruda); en los peces alimentados con las distintas dietas (137).

La harina de soya y la harina de sangre son ingredientes aceptables en las dietas de iniciación para truchas de lago (Salvelinus namaycush). La harina de gluten de maíz es un ingrediente menos apropiado, y la harina de germen de trigo aparentemente reduce la supervivencia. Uno u otros compuestos; mezclados con la mitad de trigo, levadura de cerveza desecada, suero desecado y pescado desecado soluble, son los causantes sospechosos de la excesiva mortalidad y el crecimiento reducido en las crías de truchas de lago. Una dieta iniciadora adecuada para éstas crías puede producirse con harina de arenque, pasta de soya, harina de sangre, aceite de soya y una suplementación de vitaminas y minerales (132).

Se hace una breve mención, al considerar la utilidad de la formulación y el procesamiento de dos nuevos alimentos peletizados en seco para peces, así como la posibilidad de substituir la costosa harina de pescado, por la económica pupa seca del -

gusano de seda, como una fuente de proteínas en los alimentos peletizados para peces, sin que se vea afectada su calidad física y nutricional (74).

Se realizó un estudio para obtener información con la respuesta y la sensibilidad de la trucha arcoiris (Salmo gairdneri) a dietas que contenían maíz contaminado con vomitoxina. El rechazo al alimento se dió cuando las dietas contenían 20 $\mu\text{g/g}$ de vomitoxina ó más, pero las truchas se recuperaron con rapidez cuando se alimentaron posteriormente con una dieta que no contenía toxinas. Las dietas que contenían niveles graduales de vomitoxina, al incrementarse de 1.0 a 13.0 $\mu\text{g/g}$, provocaron progresivamente una mayor depresión en la ganancia de peso de truchas juveniles durante 4 semanas. La baja en la ganancia de peso osciló del 12 al 92% del valor del control; y resultó de un efecto adverso en el consumo del alimento, la conversión y eficiencia alimenticias. El vómito no se observó en este estudio. Los resultados demostraron que la trucha arcoiris es altamente sensible a la vomitoxina dietaria (200). Se evaluaron desperdicios de procesos lácteos, no usados previamente en alimentos para peces y animales domésticos, como un sustituto de proteínas en la dieta de la trucha arcoiris (Salmo gairdneri). Los residuos lácteos reemplazaron en un 10% al suero lácteo seco sin provocar una reducción en el crecimiento o la eficiencia alimenticia, y se redujeron los costos de alimentación. El crecimiento y la eficiencia alimenticia disminuyeron cuando los desechos lácteos eran aproximadamente del 15 ó 20% (148).

Se determinó el posible uso de la harina de gusano, como alimento y reemplazo de la harina de pescado en concentrados para truchas. La harina de gusano es un alimento elevado en proteínas y bajo en el contenido de aminoácidos esenciales, en especial los azufrados. Su contenido en cenizas es aproximadamente de 10%, - con niveles bajos en minerales. Hubo una regresión lineal significativa ($P < 0.05$) del peso corporal final de la trucha arcoiris sobre el nivel de la harina de gusano en el concentrado. - La digestibilidad de las proteínas fue elevada (95%), y aparentemente no fue la causa del retraso del crecimiento de las truchas el haberlas alimentado con dietas de harina de gusano. La respuesta alimentaria de la trucha fue notoriamente reducida, - en comparación con las truchas cultivadas con dietas altas en - harina de pescado, indicando la carencia de algún componente -- esencial no identificado en las dietas formuladas con harina de gusano. Por lo tanto, la harina de gusano desecada al frfo no - es un reemplazo satisfactorio de la harina de pescado en la for- mulación de dietas para truchas (60).

Se realizaron dos pruebas alimentarias en trucha arcoiris. En - la primera el valor nutritivo de tres gusanos terrestres; Eise- nia foetida, Allolobophora longa y Lumbricus terrestris, se com- paró en peces alimentados con una ración comercial; y en la se- gunda prueba, el valor nutritivo de E. foetida congelada y seca, fue comparado con la harina de arenque en tres niveles dieta--- rios (reemplazando con 0, 50 y 100%) en una dieta semisintética. Los peces alimentados con A. longa y L. terrestris congelados, crecieron tanto o mejor que los alimentados con pelet comercial para trucha. Sin embargo, en los peces alimentados con E. foeti- da congelada, y en menor cantidad con el alimento de gusano con- gelado; se encontró que éstas especies de gusanos eran totalmen- te inaceptables, y produjeron un crecimiento escaso o nulo du--

rante el período de prueba. Los métodos de tratamiento se describen con el objeto de mejorar la aceptación y el valor nutritivo de E. foetida en los peces (174).

Los ingredientes de un alimento, que contenía ensilado de pescado y pescado licuado hecho de pescadilla entera y secado parcialmente al vacío, con mezclas de harina de soya y de pluma, facilitaron su secado cuando se prepararon de esta manera. Fue deshidratada una cantidad adicional de ensilado de pescado con los otros ingredientes secos en la formulación de la dieta usada. Se usó en la dieta control, una harina de pescado elaborada al vacío, de pescadilla entera desecada. La harina de pescado secada parcialmente se elaboró con pescadilla entera desecada y una mezcla de harinas de soya y pluma. Se substituyó por completo a la harina de pescado con los productos secados parcialmente, en dietas experimentales, con las que se alimentó a truchas arcoiris (Salmo gairdneri) durante 32 semanas. El crecimiento y la conversión alimenticia se obtuvieron en la dieta control de harina de pescado o en dietas en las cuales la harina de pescado fue substituida con pescado licuado y secado parcialmente. No se encontraron diferencias significativas de los pesos finales entre los peces alimentados con dietas que contienen harina de pescado secado parcialmente o ensilado de pescado desecado (los productos de pescado estaban en un 25% de la dieta), aunque esos peces resultaron notablemente más pequeños que los alimentados con la dieta control de harina de pescado o los de la dieta de pescado licuado y secado parcialmente. Al reducir el ensilado de pescado en un 12% ó incrementándolo al 50%, decrecían las ganancias de peso en las truchas. Los valores de conversión alimenticia, relación de la eficiencia proteica y utilización de la proteína neta en general mostraron la misma tendencia en ambas dietas, así como los valores de pe

so final. Los coeficientes de digestibilidad aparente de los productos secados parcialmente eran más bajos que para la harina de pescado, porque posiblemente contenían éstos una mezcla de harina de soya y pluma. Las propiedades organolépticas del pez no se afectaron con la dieta (57).

Se dió a grupos de 30 truchas arcoiris de peso inicial aproximado a los 2.5 g, 0 ó 50% de proteína con una mezcla de caseína y gelatina (75:25), dieta que fue reemplazada por una harina de soya finamente calentada o con un concentrado de soya libre de antígenos, llamado "Soycomil K". Con la harina fina decrecieron la ganancia de peso y la ingestión de alimento, empeoró la conversión alimenticia y se incrementó levemente la mortalidad, considerando que con el "Soycomil K" hubo sólo una leve reducción del peso ganado y de la eficiencia alimenticia. En un segundo ensayo, con peces cercanos a los 5.8 g, hubo un reemplazo del 100% de la proteína con el "Soycomil K", lo cual posiblemente redujo la eficiencia alimenticia, si se compara con la dieta patrón. No hubo reacciones inmunes de la trucha arcoiris a las globulinas de soya, glicina y B-conglicina; que demostraron una hemoaglutinación pasiva, una difusión del agar-gel o de la enzima substrato mediante el método inmunoabsorbente (154).

Durante 6 semanas, truchas arcoiris de un peso inicial de 2.5 a 4.5 g, recibieron después de un período de adaptación un alimento preparado que contenía gallinasa desecada (sin paja) de 0 a 24% del total de ingredientes. Se administraron dos alimentos, uno sin aceite de hígado de bacalao y otro con 5%. Todas las dietas contenían proteína cruda de 32 a 35% y se dieron a diario en una proporción de 4% del peso corporal. No se obser-

varon efectos colaterales. Los alimentos con 5% de aceite de hígado de bacalao proporcionaron un mejor crecimiento. La tasa de crecimiento mayor en ambos grupos se dió con el 16% de gailinasa desecada (54).

Fueron cultivadas truchas de pesos iniciales distintos en envases con mallas, bajo condiciones de lago o en estanques de madera y alimentándolas 5 ó 3 veces a diario con un producto nuevo, el "5rf", en el cual parte de la harina de pescado fue reemplazada por productos microbiosintéticos. El alimento contenía 37% de proteína, 9.7% de lípidos, 36% de carbohidratos, 1.2% de metionina, 2.1% de lisina y 2.66% de arginina. El número de peróxidos en lípidos, fue 0.22% de yodo; el número de ácidos, 70 mg KOH/g y el de aldehidos 0.49. En condiciones lacustres la tasa de crecimiento en altas temperaturas, de 20 a 22°C, resultó menor que con una alimentación con 39% de proteína. A temperaturas bajas, de 10 a 18°C, el crecimiento fue más intenso y las pérdidas no resultaron significativas. En los estanques el crecimiento fue menor y casi cesó en el otoño con temperaturas de 6 a 7°C. Las truchas cultivadas en los lagos estaban engrasadas, y tenían más ésteres de colesterol en los músculos y menos fosfolípidos en los músculos e hígado, a diferencia de las truchas cultivadas en estanques (177).

Se cultivaron truchas arcoiris con peso vivo promedio de 70 ± 5 g; durante 80 días en piletas de 10 por 2 metros, con 700 cada una, con una dieta peletizada o extruida y de una digestibilidad patrón; o una dieta peletizada o extruida con una digestibilidad alta. Durante los primeros 28 días la mortalidad fue de 1.1, 0.4, 0.7 y 0.3% respectivamente. El incremento de peso en relación al peso inicial fue de 57.28, 65.60, 61.84 y 71.70% en los primeros 28 días; y de 76.60, 77.90, 80.25 y 84.60% en los siguientes 49 días. El índice de conversión ali-

menticia (Kg/Kg) fue de 1.315, 1.149, 1.218 y 1.051; y 1.314, 1.255, 1.252 y 1.213 para los períodos 1 y 2 respectivamente. Los resultados del período total fueron: 76.07, 81.98, 80.68 y 85.28%, respectivamente (2).

Se alimentó a crías de trucha arcoiris de un año de edad, y de un peso promedio individual de 33.6 g, en 5 grupos de 30, durante 3 meses con un alimento peletizado que contenía 27% de harina de pescado, 10% de harina de carne y hueso, 10% de harina de soya, 20% de harina de trigo, 14% de harina de cebada, 10% de levadura, 8% de aceite de hígado de bacalao y 1% de premezcla de vitaminas y minerales. Para los 4 grupos de la harina de pescado se reemplazó en 10, 12, 20 ó todos con 27%, con las mismas cantidades de chicharrón (grasa suina) con 68.2% de protefina cruda y 25.5% de grasa cruda. El porcentaje individual del peso vivo ganado a diario, sin y con la proporción de chicharrón en la dieta fue: 49.5, 51.4, 44.8, --- 42.1 y 43.7 g. La conversión alimenticia (ingestión de alimento/Kg de ganancia) fue: 1.71, 1.5, 1.68, 1.85 y 2.76. La digestibilidad aparente de la protefina cruda fue: 79.3%, 78.4%, --- 79.7%, 80.6% y 74.5%; y de grasa cruda: 81.3%, 78.5%, 73.5%, - 72.6% y 61.9%. La relación de la eficiencia proteica fue: ---- 1.62, 1.82, 1.62, 1.51 y 0.99. La mortalidad fue: 36.7, 0, --- 13.3, 23.3 y 70% (196).

Durante 95 días se condujo una prueba con truchas arcoiris --- (Salmo gairdneri), mediante cinco dietas basadas en gelatina - de proteína concentrada de pescado (PCP), de un contenido aproximado de 25 a 45%; y una dieta basada en caseína gelatinizada, con 35% de aceite de arenque; todo con el fin de evaluar la -- asimilación nutricional de dietas con una elevada densidad calórica. La densidad de energía digestible de las dietas osciló de 4.36 a 6.19 Kcal/g. Las dietas se formularon para ser isonitrogenadas (con un 38% de proteína cruda). El único carbohidrato usado en la formulación de las dietas fue la alfa celulosa, considerada como indigestible por los peces. Las ganancias de peso fueron mayores ($P < 0.01$) para los peces alimentados con el PCP, que para aquellos que recibieron una dieta de caseína gelatinizada. El nivel de aceite en la dieta tuvo una estrecha relación ($P < 0.05$) con la conversión alimenticia (CA: peso -- del alimento consumido/ganancia de peso vivo), presentando un coeficiente de correlación de -0.88. La dieta de PCP conteniendo un 35% de aceite de arenque, obtuvo una CA más alta ----- (0.821, $P < 0.05$) que la basada en caseína con 35% de aceite - de arenque (CA, 0.971). Todas las dietas de PCP tuvieron tasas de conversión de energía dietaria mayores que las de caseína - gelatinizada ($P < 0.01$), lo que indicó que la caseína es limitante con respecto a la calidad de proteína para la trucha. -- Una manera de mejorar la conversión proteica fue interpretada como la densidad calórica del incremento en la dieta. Las dietas de PCP resultaron más eficientes ($P < 0.05$) en el sostenimiento de la conversión proteica en el interior de los tejidos, que aquellas basadas en caseína. La gustocidad de el pez se de terminó con una prueba organoléptica, cuyo registro fue más ba jo ($P < 0.05$) en los peces alimentados con las dietas de nive les altos en aceite de arenque; no obstante, quedó en los lími tes de aceptación (79).

Se utilizaron en un ensayo 500 crías de trucha arcoiris (Salmo gairdneri), asignadas en 5 tratamientos de 100 crías cada uno: grupo testigo o T1 (0% de substitución), T2 (25% de substitución), T3 (50% de substitución), T4 (75% de substitución) y T5 (100% de substitución). La ganancia diaria de peso no favoreció a los grupos tratados con harina de pupa de mosca ----- ($P > 0.05$), el incremento mayor correspondió a los tratamientos 2, 3 y 4, los cuales obtuvieron ganancias diarias de peso iguales (0.0139 g/animal/día) seguido del tratamiento 5 ----- (0.0130 g/animal/día); en el tratamiento 1 o testigo fue de -- 0.0092 g/animal/día. Esto representa un incremento de 51.08% y 41.30% respecto al testigo; se pudo apreciar un efecto de incremento en la utilización de vitaminas en los grupos tratados con harina de pupa de mosca, ya que el grupo control manifestó deficiencias vitamínicas. Con la suplementación de harina de pupa de mosca en la dieta, el consumo de alimento fue levemente incrementado, pero no fue significativo ($P > 0.05$). Respecto a la eficiencia alimenticia, resultó superior en todos los tratamientos con harina de pupa de mosca, pero no fue significativa ($P > 0.05$). Hubo mejora en la conversión alimenticia de los lotes tratados con harina de pupa de mosca sin ser significativa en forma separada ni en conjunto. El aumento de talla fue mayor en los lotes 2, 3, 4 y 5 sin ser significativo. Se concluye que la harina de pupa de mosca puede substituir a la harina de pescado. Y el 25% de substitución incrementa la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia, aunque no significativamente; al ser substituida la harina de pescado por harina de pupa de mosca en un 75%, se mejora el consumo de alimento y el aumento de talla. La eficiencia alimenticia se comporta como una medida de mayor precisión para evaluar la relación consumo-ganancia (202).

h) Aditivos.

Son sustancias o mezclas que se adicionan a los alimentos para hacerlos más eficientes; previenen enfermedades, estimulan el crecimiento y se usan como antioxidantes (155).

De cada producto químico usado en el procesado de alimentos se indica que, deben servir para uno o más propósitos: mejorar el valor nutricional, elevar la calidad o la aceptación del consumidor, ayudar en el mantenimiento, hacer un alimento más aceptable y facilitar su preparación. La clase más importante de --- sustancias incluye: ácidos, álcalis, agentes neutralizadores y amortiguadores, soluciones blanqueadoras y de maduración, emulsificantes, agentes estabilizantes y de espesamiento, condimentos, colorantes, suplementos nutritivos, preservativos, antioxidantes, edulcorantes artificiales, agentes clarificadores como taninos y albúmina, separadores como el EDTA y sales; humectantes como la glicerina, propileno glicol y sorbitol; pulidores y abrasivos como ceras y goma de benzofna; agentes antiaglutinantes como el carbonato de magnesio y el fosfato tricálcico; texturizantes como el cloruro de calcio, nitratos y nitritos en el tratamiento de carnes; una variedad de gases como el nitrógeno, dióxido de carbono y óxido nitroso envasados a presión (53).

En el caso de los alimentos para animales, la demanda mayor se enfoca a los aditivos, que se diseñan para proveer nutrientes esenciales que comúnmente pueden perderse, en los ingredientes de una ración económica. Hay también varias formas de preservativos, principalmente antioxidantes; y medicamentos de una clase amplia, que son usados como promotores del crecimiento, y -- otras drogas adicionales con fines profilácticos y terapéuticos (53).

Antioxidantes.

Debido al problema de la autooxidación de los ácidos grasos insaturados en el alimento y al estrés que se puede provocar en un animal alimentado con una dieta rica en éstos, puede ser necesaria la adición de un antioxidante adecuado. El uso de la vitamina E (alfa-tocoferol) es posiblemente el más apropiado, porque retrasa la oxidación de las grasas "in vivo". El nivel usado del acetato de dl-alfa-tocoferol debe ser de 0.5-1 UI/g de dieta seca (46, 53, 107, 185).

Se producen antioxidantes en forma comercial, conocidos como; - butil hidroxitolueno (BHT), butil hidroxianisol (BHA), galato de propil y el ethoxyquin. Sin embargo, el BHT y el BHA pueden tener efectos adversos, en dosis muy altas éstos compuestos aparentemente pueden provocar un crecimiento hepático. Se usa el BHT en dosis de 150 g/ton de alimento y el ethoxyquin (66%) con 70 g/ton de alimento (53, 185).

Pigmentos.

Los suplementos nutricionales pueden incluir vitaminas, elementos traza, aminoácidos y recursos naturales de pigmentos como xantofilas y carotenos. Esos ingredientes naturales no deben ser riesgosos si se adicionan en cantidades apropiadas (53).

Los carotenoides son componentes dietarios liposolubles, importantes, que se utilizan como pigmentos en la coloración de los peces y sus huevos. La pigmentación con carotenoides en truchas y salmones es con frecuencia deseable y conveniente; además de tener una aceptación en el consumidor desde el punto de vista estético, se describe un incremento en la eficiencia reproductiva. El camarón, la daphnia y otros animales acuáticos ingieren carotenoides vegetales, incluyendo betacaroteno y xantofilas u oxicarotenoides; y son convertidos a algunos compuestos como la

astaxantina, los cuales se presentan también en forma de ésteres, en la piel de los salmónidos. Pueden servir de alimento a los salmónidos pigmentos intermedios como la cantaxantina; también el camarón, así como algunos productos agrios y otros ingredientes naturales; o utilizarse carotenoides sintéticos. El gluten de maíz y la harina de alfalfa contienen xantofilas, y proporcionan una coloración amarilla en la trucha. El pimentón contiene un pigmento rojo, la capsantina, la que no es tóxica, se utiliza en dietas de 2 a 10% y produce una coloración anaranjada en la trucha (46, 108).

Debido a la preferencia comercial por la carne de color rosado de las truchas vendidas para el consumo, en especial las que sobrepasan 1 Kg de peso, existen en el mercado alimentos especiales con pigmentos como la cantaxantina, y deben suministrarse durante tres meses anteriores al sacrificio de los peces (94).

Experimentos.

Ha sido demostrado que la astaxantina es estable en un silo ácido, del procesamiento del camarón desperdiciado, pero por una baja conversión del diéster al correspondiente monoéster. La digestión en la trucha arcoiris con la astaxantina presente en el material desperdiciado, fue mejorada con el ensilado aproximadamente un 71% comparado al 45% en la correspondiente materia seca o húmeda. Además, el grado de acumulación de pigmento en los músculos del pez, resultó mucho mayor en los peces alimentados con dietas ensiladas que en aquellas frescas o con desperdicios de camarón seco (180).

La harina de camarón noruego contiene astaxantina (diéster y monoéster, 88 y 12% respectivamente). El contenido total de pigmentos es de una cantidad de 25.2 mg/Kg de harina seca. Al incorporar la harina de camarón a un 30% en la dieta de la trucha arcoiris con tres distintos niveles de lípidos (9.4, 12.08 y 17.4%), hubo una reducción en la pigmentación renal y muscular. En el riñón, la astaxantina se encontró en forma de diéster, mientras que en los músculos estaba en forma libre. Un incremento de lípidos dietarios no parece aumentar los depósitos de carotenoides en los peces. No obstante, es importante incrementar el porcentaje de carotenoides (1 mg/pez) en riñones y músculos de la trucha, esta cantidad es relativamente pequeña en comparación con las grandes cantidades de pigmento contenidas en la harina de camarón (25 mg/Kg). La baja fijación de carotenoides en la trucha, es debida a la pobre digestibilidad de los pigmentos. Cerca de un 90% de los pigmentos ingeridos se encontraron en las heces, lo que implica que el principal obstáculo para la fijación de carotenoides es de origen digestivo (30).

Se investigaron en tres ensayos alimentarios, los factores que afectan el depósito de carotenoides en la trucha arcoiris ---- (Salmo gairdneri). La deposición de astaxantina en la carne aumentó significativamente con un incremento del nivel dietario de astaxantina y lípidos. Sin embargo, el incremento del nivel dietario de astaxantina disminuyó la proporción de retención de astaxantina (astaxantina dietaria a astaxantina en la carne). No hubo efectos notorios en la deposición de astaxantina con la talla del pez, la calidad de los lípidos dietarios y la suplementación de vitamina E. El agotamiento de la cantidad de astaxantina en la carne, sugiere la metabolización de la astaxantina depositada (178).

Se realizó un ensayo para examinar la disminución de carotenoid de en los músculos de la trucha arcoiris. Después de 4 semanas de ingestión de cantaxantina, los peces se dividieron en 2 grupos: El primero se alimentó con la misma dieta, pero sin la -- cantaxantina; el segundo fue dejado con hambre. Los niveles de lípidos y cantaxantina en el músculo epaxial se observaron durante 38 días. El contenido de lípidos se elevó en los peces - alimentados y permaneció estable en los dejados con hambre. -- Los peces alimentados perdieron más cantaxantina que los dejados en ayuno. La proporción de ganancia relativa de peso con - cantaxantina fue mayor en el grupo hambreado que en el alimentado (0.91 y 0.69, respectivamente). La redistribución interna de cantaxantina toma lugar en la ausencia de una ingestión del pigmento. Estos resultados demostraron también que los músculos de la trucha arcoiris tienen una alta capacidad de almacenaje (28).

Los estudios colorimétricos en la carne de 12 familias diploides y triploides de trucha arcoiris alimentada con cantaxantinna, demostraron que las triploides no difieren de las diploides en promedio, longitud de onda dominante y excitación pura. Sin embargo, en condiciones de luminosidad, las triploides son significativamente inferiores antes y después de la ingestión de cantaxantina. Las triploides no inducen cambios en la coloración de la carne, por lo cual no son convenientes para el -- mercado (29).

Interacciones en la pigmentación.

La trucha arcoiris (Salmo gairdneri) y la café (Salmo trutta), mantenidas en agua fresca, se alimentaron con dietas que contengan 30 mg de astaxantina sintética (en mezclas 1:1:2 de 3 isómeros ópticos: 3S, 3'S; 3R, 3'R y 3R, 3'S), más 30 mg de cantaxantina/Kg (dieta 1); ó 30 mg de dipalmitato de astaxantina sintética (como equivalente de la astaxantina) más 30 mg de cantaxantina/Kg (dieta 2). La carne fue pigmentada más eficientemente en la trucha arcoiris que en la café. La astaxantina y la cantaxantina se depositaron en similar extensión cuando se administró una mezcla. El dipalmitato de astaxantina se depositó en la carne como astaxantina libre y más lentamente que la cantaxantina, resultando en una mejora de la deposición de la cantaxantina con la dieta. La digestibilidad aparente de los carotenoides fue alta, pero atribuido en parte a la desintegración de los mismos en el intestino o heces. La carne tuvo un incremento con el nivel de (3S, 3'S)-astaxantina y una reducción del nivel de (3S, 3'S)-astaxantina en las truchas arcoiris y café que habían recibido dipalmitato de astaxantina (49).

Durante 57 días, se alimentó a truchas arcoiris (Salmo gairdneri) con 6 dietas, conteniendo cada una aproximadamente 200 mg/Kg de astaxantina y cantaxantina. La relación entre la astaxantina y la cantaxantina en las dietas osciló entre 0 y 100%, con intervalos de 20%. Las concentraciones totales de astaxantina y cantaxantina se midieron en carne, plasma y 4 secciones del tracto digestivo. La deposición de carotenoides en la carne se interpretó en relación al tiempo de alimentación, peso y crecimiento individual de los peces. La concentración promedio de astaxantina y cantaxantina de la carne se incrementó de 0.05 a 2.1 mg/Kg, después de 57 días de alimentación. Los peces con peso corporal individual por abajo de los 90 g depositaron canti-

dades relativamente bajas de carotenoides, comparadas con aquellos que pesaban más de 90 g. La concentración de carotenoides en la carne se incrementó con el desarrollo, pero se estabilizó en peces con un crecimiento mayor. Los experimentos demostraron que la astaxantina se depositó en la carne más eficientemente que la cantaxantina, y esto es debido a una absorción preferente de ambas en el tracto digestivo y a la deposición - misma en la carne. Una combinación de astaxantina y cantaxantina en la dieta, dió una mayor deposición total de carotenoides en la carne, que el dar sólo un pigmento (179).

Durante 6 semanas se alimentó a truchas arcoiris (Salmo gairdneri Richardson), de un peso promedio inicial de 135 g, con dietas suplementadas de astaxantina o cantaxantina; en dosis de 0, 12.5, 25.0, 50.0, 100.0 ó 200.0 mg/Kg. La pigmentación de las truchas aumentó con la concentración creciente de carotenoides dietarios superiores a los 3.7 mg/Kg, en la carne de los grupos mejor pigmentados. Las truchas se pigmentaron más rápidamente con la astaxantina que con la cantaxantina. Con ambos pigmentos el coeficiente de retención disminuyó, mientras que la concentración de pigmentos dietarios se incrementó. El coeficiente medio de retención para la astaxantina fue 1.3 veces mayor que para la cantaxantina (32).

Otros pigmentos.

Las truchas en su medio natural se alimentan de organismos vivos, con lo cual su carne toma un color rosado-anaranjado, por el consumo de mariscos y plancton que contienen xantofilas o carotenoides (107, 185).

Se puede usar en la carne de la trucha un colorante vegetal, de nombre comercial "Cromofil", en dosis de 3.5 Kg/tonelada de alimento (185).

Truchas arcoiris de aproximadamente 150 g, recibieron una dieta básica al 1.5% de su peso vivo, diariamente (de 91.5% de harina de pescado) con y sin larvas de quironómidos, dáfnidos y gamáridos. La dieta con quironómidos tuvo la digestibilidad menor en lípidos totales (DLT) y la mayor en el total de carotenoides digestibles (TCD), considerando que la dieta de dáfnidos tuvo la mayor DLT y menor TCD. En el fundamento de que los carotenoides son conservados por los peces, las dietas de gamáridos y dáfnidos fueron iguales o superiores a las de quironómidos. Se concluyó que dicha fuente de invertebrados puede ser efectivamente explotada en la pigmentación de la trucha arcoiris; pero puede ser útil para mejorar la concentración del pigmento con esos invertebrados, para los objetivos de una Piscicultura intensiva (31).

Antibióticos.

Las sustancias que se han usado con más extensión como promotores del crecimiento son los antibióticos como la clorotetraciclina, penicilina, bacitracina, estreptomina, aureomicina y oleandomicina (53, 185).

Son muchas las opiniones acerca del modo de acción de los antibióticos como promotores del crecimiento. Estas se pueden resumir como un efecto sobre la microflora del tracto intestinal de los animales, o el efecto en los órganos y tejidos del animal. Los efectos promotores del crecimiento varían con las especies, la edad, el estado nutricional y el medio ambiente. -- Otras sustancias con las que se ha observado producir una estimulación del crecimiento en los animales domésticos, cuando se han usado a bajos niveles dietarios; incluyen tranquilizantes, sulfas y ácido arsénico con sus derivados. Se ha observado con el ácido arsénico una efectividad particular en la

estimulación del crecimiento de pollos y cerdos, cuando se ha usado en niveles que no demuestran una actividad bacteriostática.

Experimentos.

Wagner (1954) estudió los efectos de los antibióticos y del ácido arsénico sobre el crecimiento, en crías de trucha arco iris. Se adicionaron a la dieta: Aureomicina, terramicina, penicilina, cloromicetina y ácido arsénico en proporciones de 10 mg/lb de alimento. Ninguno de los peces del grupo alimentado ganó peso tan rápidamente como los del grupo control. Los peces alimentados con aureomicina y penicilina pierden peso durante las 2 primeras semanas de la dieta. Se indican fracasos similares por Malikova y Kotova (1961), quienes estudiaron los efectos en el salmón (Salmo salar), adicionando en su dieta -- biomicina, penicilina y terramicina; y por Schumacher (1955), que estudió la adición de la aureomicina y la aureomicina más tiamina en la dieta de crías de trucha café. Snieszko y Wood (1954) estudiaron los efectos de las sulfonamidas sobre el crecimiento de varias especies de truchas. Ninguna de las sulfonamidas usadas tuvo efectos sobre la trucha arco iris. El crecimiento de la trucha de arroyo se retrasó, pero regresó al normal cuando se substituyó al alimento medicado por el normal -- (53).

El cloranfenicol, el ácido oxolínico y la oxitetraciclina son agentes antimicrobianos usados frecuentemente en Acuicultura, y su efectividad contra enfermedades bacterianas se ha estudiado con amplitud. Se ha investigado recientemente el metabolismo de esos compuestos para determinar su destino en el animal y estimar su modo de acción y/o sus posibles efectos colaterales, así como los aspectos de salud pública relacionados con el nivel residual en los tejidos (38).

Se utiliza la aureomicina en dosis preventiva de 150 g/ton de alimento y de 200 g/ton de alimento en dosis curativa. La furazolidona es un antibiótico antidiarreico; se utiliza en dosis preventiva de 60 g/ton de alimento y con dosis terapéutica de 150 g/ton de alimento (185).

Hay otras dietas especiales, las más conocidas son las que contienen antibacterianos preventivos y terapéuticos de enfermedades como la vibriosis y la furunculosis. Se deben administrar al primer signo, debido a que cuando el pez ya está afectado deja de comer adecuadamente y por consecuencia no toma el medicamento. Así, los peces más necesitados de tratamiento no lo ingieren. Aunque un tratamiento tardío es mejor que ninguno, y puede ayudar a evitar una epidemia (94).

Han sido revisados algunos aspectos del uso de antimicrobianos (sulfonamidas, antibióticos y nitrofuranos) en la terapia de enfermedades bacterianas, por Wolf y Snieszko (1963). Los autores ponen atención especial al problema del reglamento terapéutico de peces, desde el punto de vista de los productores de pescado y los consumidores. Sin embargo, fue la sulfamerazina el único fármaco que se pudo usar en el alimento de los peces como aditivo (53).

Hormonas.

Se han usado otras clases de sustancias como promotores del crecimiento. Estas son las hormonas, en especial las que tienen actividad estrogénica, y que se han empleado para promover un incremento en el peso de animales productores de carne. Se ha administrado el dietilestilbestrol en bovinos, en forma oral o como implante. Se producen cambios citológicos en la pituitaria anterior que pueden resultar en una producción alterada de gonadotropinas, hormonas del crecimiento y hormonas estimulantes de

la tiroides. Los efectos del crecimiento en las diversas especies son completamente diferentes; por ejemplo, los efectos en las aves parecen haber sido una mejoría en la deposición de grasa; mientras que en los rumiantes se demostró un incremento en las proteínas metabólicas y una reducción del depósito de grasa (Hinds, 1959). Los estudios con la hidrocortisona han indicado que los vertebrados demostraron ciertas respuestas que los ubican por encima de los anfibios (53).

Experimentos.

Durante 10 semanas, se dió a 4 grupos duplicados de crías de trucha arcoiris (Salmo gairdneri) (de peso inicial de 0.7 g), 8 dietas semipurificadas que contenían varias combinaciones (2.0 mg/Kg de dieta total) de los andrógenos 17-alfa-metiltestosterona (MT) y 5-alfa-dihidrottestosterona (DHT) y el estrógeno 17-beta-estradiol (ES); para determinar la eficiencia relativa en la promoción del crecimiento. Los peces alimentados sólo con MT o en combinación con DHT ganaron 27.3% más de peso corporal que los controlados ($P < 0.05$). El estradiol solo o en combinación con DHT disminuyó la ganancia de peso ($P < 0.05$) y la inclusión del estrógeno en las dietas que contenían MT suprimió la eficacia anabolizante de éste andrógeno. La dihidrottestosterona no tuvo efecto ($P > 0.20$) sobre el peso corporal. La conversión alimenticia (peso del alimento consumido/peso ganado en el pez) y el porcentaje ganado se registraron durante períodos bimestrales, al examinar los efectos de los tratamientos de esas características. La metiltestosterona aumentó el crecimiento (----- ($P < 0.05$), sin cambio en el empleo de alimento. La disminu----- ción ($P < 0.01$) en el porcentaje de peso ganado estuvo asociada con el incremento ($P < 0.05$) en la conversión alimenticia de peces alimentados con dietas de ES, sugiriendo un efecto negativo del tratamiento con estrógenos sobre el empleo del alimento o de los niveles de gustocidad (116).

Aglutinantes.

Cuando las materias primas no presentan las características -- aglutinantes necesarias para la formación del pelet, se deben usar aglutinantes específicos como ciertas dextrinas y geles - (185).

El uso de aglutinantes es importante en la reducción de mermas, por la humedad y alimentos húmedos para peces; y varios aglutinantes son utilizados en explotaciones piscícolas. La mayoría de los aglutinantes son cadenas largas de macromoléculas, las cuales no se digieren o desintegran en los animales no rumiantes, y pueden actuar como amortiguadores en los peces. En efecto, es importante conocer cómo actúan los aglutinantes en el tracto gastrointestinal, en disposición al uso efectivo que se les dé (172).

Experimentos.

Se administraron seis diferentes alginatos, en una concentración de 5.0%, en dietas húmedas para truchas arcoiris (Salmo gairdneri). La propiedad de aglutinación de tres de los alginatos fue débil, mientras que en los otros tres era fuerte. Se probaron con ambos niveles de aglutinación; los alginatos de baja, media y alta viscosidad. Los seis alginatos redujeron -- por completo la digestibilidad aparente del nitrógeno, grasa, cenizas y calcio; e incrementaron el contenido de humedad de las heces cuando se comparó con una dieta control sin aglutinante. La digestibilidad del fósforo fue la menos afectada por los alginatos. La reducción en la digestibilidad causada por los alginatos de débil aglutinación fue mayor, que la provocada por los alginatos de fuerte aglutinación. No fue significativa la influencia de la viscosidad en la digestibilidad (172).

Se utilizaron el alginato y "guar gum" en dietas para truchas arcoiris en forma seca, húmeda y mojada. Ambos aglutinantes redujeron la digestibilidad aparente de la proteína y de la grasa. También disminuyeron el consumo de alimento e incrementaron el contenido de humedad en las heces. El "guar gum" provocó retrasos en el paso del tracto gastrointestinal. Niveles altos de "guar gum" disminuyeron el crecimiento y el contenido de materia seca y grasa en los peces. No resultaron afectados el contenido de proteína, la relación calcio:fósforo de los huesos, el factor de condición, el peso hepático y de otras vísceras, así como la mortalidad (171).

Otros aditivos.

Durante 84 días se alimentaron crías de truchas arcoiris (Salmo gairdneri) con dietas de iniciación del U.S. Fish and Wildlife Service; denominadas "SD8 o SDS", con enzimas proteolíticas adicionales. No se ganó ningún peso, ni se mejoró la conversión alimenticia (gramos de alimento/gramos ganados) con la adición de enzimas a la dieta; y para algunos grupos prueba, se redujo la ganancia de peso y empeoró la conversión alimenticia al adicionar enzimas en la dieta. No hubo diferencias significativas en la composición corporal, ni mortalidad entre los grupos probados (138).

Durante un período de aclimatación de 96 horas se encontró una relación directa en la trucha arcoiris (Salmo gairdneri) transferida del agua de mar isotónica al agua fresca, con la concentración de nitrito plasmático y el número de células cloradas laminares. Después de 48 horas de aclimatación, los niveles de nitrito en el plasma de los peces expuestos a 175 mg/l de nitrito durante 2.5 horas, fueron significativamente más altos que en aquellos peces aclimatados durante 24 horas. Hubo un do

ble incremento de 9.5, en el número de células cloradas laminares durante éste período. Esos resultados sugieren que en el agua fresca el nitrito puede ser transportado a través del epitelio branquial, por medio de un cambio en el mecanismo del -- anión branquial, atribuido a las células cloradas laminares -- (90).

Se incorporaron por separado en la dieta de la trucha arcoiris (10 g de hidrocarburo/Kg de alimento), el pristano, el dodecilciclohexano y una mezcla de parafinas normales, para evaluar los efectos de una exposición a largo plazo con hidrocarburos saturados. Se registró a diario la ingestión de alimento, y hubo ganancias de peso en cada mes. Al término del tiempo acumulado, después de 7 ó 10 meses de experimento, y de acuerdo con la ingestión de hidrocarburos, la concentración de cantaxantina se determinó en los músculos, piel y resto del cuerpo. Se observó un efecto depresivo en el crecimiento y el apetito, debido a los hidrocarburos. La acción más pronunciada se observó con los grupos del pristano y del dodecilciclohexano, en la reducción del crecimiento que no se encontró una explicación suficiente, debido al bajo consumo de alimento. Los derivados de los alquenos cíclicos y grupos menores, las n-parafinas, redujeron significativamente las digestibilidades de lípidos y materia seca; así como la fijación de la cantaxantina en los músculos. Durante un período de 2 meses de depuración, la mitad de truchas de cada grupo se alimentó con una dieta de hidrocarburos libres, y las restantes quedaron en ayunas. Se observó una compensación general del crecimiento en los peces alimentados. La reducción más grande en la ganancia de peso fue durante el primer período, y la compensación del crecimiento también fue mayor. Correspondientemente, para las truchas en ayuno, el peso disminuyó de manera más baja para los grupos en -- prueba que para los de control (96).

Ha sido usada la bentonita de sodio como un aditivo alimentario, para mejorar la retención de nutrientes en pavos y la tasa de -- crecimiento en pollos. Investigaciones en trucha arcoiris (Salmo gairdneri), han indicado que la adición de bentonita sódica en - el alimento puede reducir los costos de alimentación por kilogra - mo de pez producido, en un promedio superior al 20%. Los produc - tores de bentonita afirman que su uso como aditivo alimentario - incrementa la durabilidad del pelet y reduce la fricción provoca - da por el paso del pelet seco. Por lo tanto, la bentonita tiene el potencial para reducir el costo de producción de alimento y - la pérdida de pelets por rompimiento (131).

Durante 196 días se alimentó a truchas arcoiris (Salmo gairdneri) de peso promedio inicial de 18.8 g, con una de dos dietas experi - mentales (29.2% ó 38.5% de proteína); o la dieta de 38.5% de pro - teína más 5, 10 ó 15% de bentonita de sodio. La adición de bento - nita de sodio a la dieta con 38.5% de proteína redujo la ganan - cia de peso e incrementó el costo por unidad de pescado produci - do. Para determinar la tasa de crecimiento, fue un factor primor - dial el contenido de energía metabolizable dietaria. Al elevarse el porcentaje de lípidos dietarios, el nivel de grasa en canal - se incrementó, y la humedad disminuyó. En 10 ó 15 peces alimenta - dos con la dieta de 15% de bentonita sódica; se observó en los - túbulos renales una severa inflamación epitelial; y una dilata - ción a todo lo largo, con degeneración citoplasmática y defectos renales aparentes, en el lumen de algunos túbulos renales (139). El propilen glicol es un hidrocarburo sintético, que se produce durante la desintegración del propano. Se han efectuado diversos estudios, en los que se ha utilizado como una fuente de energía en los animales domésticos (62).

Se evaluó en un estudio la toxicidad aguda de once químicos, - en crías de trucha arcoiris (Salmo gairdneri) (de peso promedio 1 g), que habían sido cultivadas aproximadamente 8 semanas con una de cinco dietas: (1) Copa de plata, (2) dieta purificada (H440, N.R.C.), (3) SD-9 dieta de iniciación del U.S. Fish and Wildlife Service, (4) pathé de hígado y (5) camarón en salmuera (Artemia). Las pruebas químicas de comparación en los peces fueron; antimicina, carbaril, cloro, sulfato de cobre, cianuro de sodio, formalina, malatión, "Noxfish", permetrina, salicilánida 1 y la lampricida 3-trifluorometil 4-nitrofenol --- (TFM). La respuesta de los peces a los químicos fue consistente en todos los grupos. No demostraron una resistencia superior a esos químicos. Las dietas aparentaron tener una leve influencia en la sensibilidad de las truchas arcoiris juveniles, a los químicos en las pruebas de toxicidad aguda (98).

i) Eficiencia y conversión alimenticia con relación a la dinámica de población.

La Población.

En dinámica de poblaciones la unidad de estudio es la población, que puede definirse como la entidad viviente formada por los grupos de peces de una misma especie que ocupan un espacio o un lugar común.

En la vida de los peces existe además otro cambio de estado, relacionado con la explotación pesquera y que resulta de gran importancia en el estudio de la vida de los peces y de la pesca misma. Debido a que en las fases muy tempranas de su vida los peces no pueden ser encontrados ni capturados por quienes se dedican a la actividad pesquera, ya sea porque éstos son muy pequeños o porque se hallan fuera de las áreas de pesca. Pero conforme crecen los peces, las condiciones se modifican, hasta que un cambio en el tamaño, localización y/o en los hábitos de los nuevos hacen que por primera vez puedan ser detectados y capturados por los métodos de pesca existentes. Ese cambio de estado se conoce en Biología Pesquera como reclutamiento, y su ocurrencia permite separar en dos fases la vida de los peces; la fase pre-recluta y la fase post-recluta.

Al pasar de la fase pre-recluta a la fase post-recluta, los peces se integran a la parte de la población que está expuesta a la pesca, apareciendo por primera vez para la pesquería. Al darse esto, se recluta a la población explotable, llamada también existencia pescable o simplemente stock, por ser ésta parte de la población que normalmente se considera para fines de explotación y administración pesquera.

Es conveniente señalar que, en principio, el término población incluye a todos los individuos, desde que nacen hasta que mueren. En un sentido más amplio incluiría a todos los individuos

vivos existentes, sean éstos adultos, juveniles o incluso estadios larvarios. La población explotable en cambio incluye a los individuos sólo desde que pasan a la fase post-recluta. Este cambio se da cuando los individuos alcanzan el estado adulto o se encuentran en un estadio juvenil más o menos avanzado (39).

Dinámica de una población de peces.

La dinámica de poblaciones es el estudio de la vida del ente o unidad viviente que se denomina población. Es una rama de la Biología que con auxilio de otras ciencias, primordialmente las Matemáticas, describe y cuantifica los cambios que ocurren en la población continuamente (39).

Experimentos.

Se usaron en un ensayo a juveniles de salmón del Atlántico, trucha de mar y trucha arcoiris, durante el cual dos especies en cada estanque se compararon con los controles de cada especie por separado. La tasa de crecimiento específico fue mayor en los grupos experimentales, en donde las dos especies se cultivaron juntas. La teoría se desarrolló de tal manera que la facilitación social o una interacción moderada puede dar el mejor crecimiento. No se descubrió el hambre en algún grupo como un resultado de competencia. Para muchas especies exóticas, el policultivo es una manera común para utilizar todos los recursos en los estanques para la producción de peces. En la actualidad, el policultivo no es común en las explotaciones de salmónidos. El objetivo de este experimento fue el observar lo que podría ocurrir por competencia en una mezcla de salmónidos, y encontrar cómo esa competencia influye sobre el crecimiento (103). Se cultivaron grupos de huevos de trucha café (Salmo trutta) en un sistema de incubación californiano con y sin sustrato arti-

ficial ("astro-turf"), y se transfirieron y separaron posteriormente en unidades alimentadoras. Los alevines cultivados con este sistema absorbieron sus vitelos más pronto y de manera más eficiente que los cultivados en una pantalla plana; el efecto de esto es posiblemente causado por una alta actividad agitada en el sistema de pantalla plana. Posiblemente y debido a las altas reservas de vitelo, las crías incubadas sin dicho método crecieron más rápido que las otras cultivadas con el sistema durante los primeros períodos de alimentación. Después de esto, la situación fue reversible, los alevines cultivados con el "astro-turf" obtuvieron la tasa de crecimiento más alta. Los alevines y crías cultivadas en la pantalla plana tuvieron mortalidades altas durante el experimento, lo cual dependió de la talla de los peces. Esos resultados tuvieron consecuencias para ambas formas de cultivo intensivo y en programas de cría, desde los tradicionales sistemas de incubación; en ambos hubo una disminución del crecimiento y de la posibilidad de supervivencia de las crías (55).

Se examinaron los efectos del tamaño del huevo en el crecimiento subsecuente y la supervivencia del desarrollo de huevos y crías. Los huevos con una variación de tamaño de 3.36 a 5.63 mm de diámetro, se separaron; los de hembras maduras, de 2.6 años y de 3.7 años; seleccionándose al azar de un grupo grande de cultivos de crías mantenidas comercialmente; y después se fertilizaron todos los sobrevivientes, para juzgar la observación, se incubaron y se determinó el crecimiento y la supervivencia de las crías. Al momento de la primera alimentación (8 semanas post-fertilización), hubo una correlación positiva entre el tamaño de los huevos en agua dura y sus crías, con los huevos grandes de ambas edades de la producción en cultivos de crías grandes. Cuatro semanas después de la primera alimentación la

correlación entre el tamaño del huevo y las crías fue mayor en peso, sugiriendo que las influencias genéticas y ambientales - ejercen efectos mayores sobre el crecimiento después de ésta - etapa. Esto también fue sostenido por el descubrimiento de que las tasas de crecimiento en las crías mayores de las 26 sema-- nas de post-fertilización no guardan relación con la talla ini-- cial de los huevos sin considerar el origen del grupo de peces de 2 ó 3 años. Se evaluó a los sobrevivientes con observación, incubados y nadando; y como a los tres meses las crías alimen-- tadas tampoco demostraron tener una relación con el tamaño ini-- cial del huevo, lo que indica que generalmente las condiciones favorables que se hallan en los criaderos comerciales, no tie-- nen implicaciones directas en el tamaño del huevo, hasta el mo-- mento en que las cualidades completas del huevo y la supervi-- vencia de las crías son atendidas (168).

Se cultivó a la trucha moteada de mar (Cynoscion nebulosus) de manera rotativa con nauplios de Artemia sp. y alimentos secos. Siguiendo ésta dieta, pueden crecer al menos 110 g en 5 meses con conversiones alimenticias (proporción del peso de alimento seco consumido sobre el peso ganado por los peces) de 0.78 a - 1.55. La trucha moteada de mar es importante en la pesca re--- creativa y comercial, principalmente en éste rubro, lo cual in-- cluye la mayorfa de los Estados Unidos en su costa Este y el - Golfo de México. Su desarrollo en cautiverio se realiza con fa-- cilidad. La trucha moteada de mar es relativamente fácil de -- cultivar si el canibalismo y la susceptibilidad a las enferme-- dades de las aletas son controladas. Se ha cultivado en varios estados, pero generalmente éstos son sólo vivos o con alimen-- tos frescos. Durante 1985 y 1986, se cultivaron sucesivamente a juveniles de trucha moteada de mar durante tres veces en la-- boratorio con una dieta simple rotativa; (Brachionus plicati--

lis), artemia (Artemia sp.) y alimentos secos (183).

Capacidad de carga.

La capacidad de carga de un cierto volumen de agua para dada - afluencia se define como la cantidad de individuos que esa masa de agua puede alojar (85).

Se han publicado siete métodos para calcular la capacidad de - carga de un estanque. Se puede expresar de varias maneras: Kg de pez/litros/segundo; Kg de pez/metro cúbico de agua; Kg de - pez permisibles por estanque y Kg de pez/estanque/cm de largo. Todos estos métodos consideran las siguientes variables: el vo - lumen del estanque; la afluencia del agua (l/s); recambios de agua por hora; la temperatura del agua; el oxígeno disuelto; - la altitud de la instalación; el largo de los peces; el peso - de los peces; la densidad de población; Kg de peces/litros/se - gundo; Kg de peces/metro cúbico; la absorción del oxígeno; la tasa de crecimiento y la tasa de alimentación.

El efecto mayor por un exceso en la capacidad de carga es la - disminución del oxígeno disponible en el medio. Si se permite que continúe dicha situación, disminuye la tasa de crecimiento y la condición general de los peces se deteriora.

Las dos alternativas recomendadas para corregir una sobrecarga del sistema son:

- 1) Aumentar el flujo de agua. De esa manera se incrementa la - capacidad de carga. pero se crean otros posibles factores inhi - bitorios del crecimiento.
- 2) Reducir la población del estanque (es el método preferido). La predicción correcta y el mantenimiento de una carga adecua - da son esenciales para una óptima productividad (85).

En el cuadro expuesto a continuación, se indican los Kg de peces que se pueden tener en un metro cúbico de agua (según fórmula de Klontz, 1978), considerando que se efectúen tres recambios de agua por hora en el estanque.

Capacidad de carga en Kg de peces por metro cúbico según la altitud y temperatura del agua (115).

T°C	600 m	900 m	1200 m	2000 m	3000 m
	Kg/m ³				
8.0	11.83	11.25	11.01	10.77	10.53
9.0	10.92	10.53	10.19	9.96	9.71
10.0	10.00	9.71	9.30	9.14	8.85
11.0	9.43	9.04	8.70	8.46	8.22
12.0	8.80	8.51	8.18	7.98	7.79
13.0	8.22	7.98	7.69	7.45	7.21
14.0	7.84	7.55	7.26	6.97	6.73
15.0	7.45	7.18	6.92	6.73	6.54

Existen otros métodos para calcular la capacidad de carga, como son los de Liao (1971) y Piper (1970). El primero determina la capacidad en función del peso, considerando el consumo de oxígeno a partir de la concentración; toma en cuenta además la cantidad de agua, temperatura, altitud y peso de los peces. Piper lo hace a partir de un factor en el que intervienen el peso de los peces, talla y flujo; éste factor lo aplica a la talla y el flujo, con lo que se obtiene la cantidad de peces en función del peso.

Como es obvio, por estar determinados los métodos con algunas variantes, si se comparan los resultados para cada método, es de esperarse que éstos no resulten necesariamente iguales, según las condiciones específicas del área donde se piense aplicar un método; alguno podrá tener ventajas sobre otros (115).

Método de Haskell.

Haskell dice que la acumulación de productos metabólicos y el consumo de oxígeno son los factores que limitan las capacidades de carga de las unidades de cultivo. De acuerdo a esto, el metabolismo es el factor limitante, ya que tanto la utilización del oxígeno como la formación de productos son regulados por el metabolismo.

Conociendo la capacidad de carga de una unidad para cualquier tamaño y especie de trucha, y a cualquier temperatura del agua, la capacidad de carga para otro tamaño de peces de la misma especie mantenidos a otra temperatura del agua, sería entonces -- igual al peso de peces que consumirían la misma cantidad de alimento. Esto se describe con la siguiente ecuación:

$$\text{Peso de peces} = \frac{\text{Peso del alimento} \times 100}{\text{Porcentaje del peso corporal alimentado}} \quad (186)$$

Método de Willoughby

En 1968, Willoughby presentó un medio para calcular la capacidad de carga de las unidades de cultivo al relacionar el metabolismo esperado con el nivel de alimentación, que se estableció basándose en el oxígeno disponible en un canal. Para ello considera el contenido de oxígeno y el flujo del agua que entraba al canal. Willoughby relaciona el nivel de alimentación al peso -- permisible de los peces como lo hizo Haskell.

Willoughby determinó las libras de alimento que podían darse, a partir del oxígeno disuelto disponible y del contenido calórico de la dieta. Estos se relacionaron al nivel de alimentación establecido para los peces de esa unidad.

Para determinar el alimento permisible que debe utilizarse en -- una laguna:

$$(o^a - o^b) \times \frac{5.45}{100} \times \text{gpm} = \text{libras de alimento permisibles al día.}$$

En donde:

o^a = Contenido de oxígeno (ppm) del agua de entrada.

o^b = Contenido de oxígeno (ppm) del agua de salida ó 5 ppm de oxígeno disuelto (nivel umbral seguro de oxígeno para ---- truchas); se usa el valor más alto de los dos.

5.45 = Toneladas métricas de agua en un flujo de 1 gpm en 24 ho ras.

100 = Gramos de oxígeno necesarios para metabolizar las 1200 ca lorías de una libra de alimento comprimido (pelets).

gpm = Flujo del agua de entrada en galones por minuto.

Esta ecuación puede resumirse de la siguiente manera:

$$o^a - o^b \times 0.0545 \times \text{gpm} = \text{libras de alimento permisibles al día (186).}$$

Índice de densidad.

El índice de densidad es la proporción de la longitud de los pe ces que se usa para determinar las libras por pie cúbico en den sidad para el cultivo de truchas. Los peces que se cargan a una densidad igual a la mitad de su longitud, (expresado en libras por pie cúbico) tienen, por lo tanto, un índice de densidad --- igual a 0.5. Una fórmula útil para evitar la sobrepoblación en los canales es: $W = D \times V \times L$

En donde:

W = Peso permisible de peces.

D = Índice de densidad = 0.5 (valor óptimo sugerido hasta obte ner información adicional).

V = Volumen de canal en pies cúbicos.

L = Longitud de los peces en pulgadas.

Los requerimientos de volumen de un canal o estanque se pueden calcular en la fórmula:

$$V = \frac{W}{D \times L}$$

Este concepto de requerimiento de espacio supone que el índice de densidad permanece constante a medida que los peces incrementan su longitud. En realidad, los peces de mayor tamaño parecen ser capaces de tolerar una densidad superior en proporción a su longitud. Este método ha probado ser una herramienta práctica de manejo en la piscicultura y puede ser usado para cualquier especie de peces cuyo índice de densidad haya sido determinado (186).

Experimentos.

El objetivo del presente estudio fue determinar los efectos de varias densidades de población sobre el crecimiento y la supervivencia de la trucha arcoiris (Salmo gairdneri Rich.) - cultivada en una jaula ubicada en una estación enfriadora de aguas. Durante el período experimental de 147 días, se cargaron las jaulas con 150 a 900 individuos por metro cúbico de agua. La calidad del agua fresca fue satisfactoria. Los resultados demostraron que la producción de peces y la ganancia de peso por metro cúbico de agua, así como la conversión alimenticia aumentan con la densidad de carga. La tasa individual de crecimiento y las pérdidas naturales fueron inversamente proporcionales a la densidad de carga. Además los incrementos de densidad, fueron encontrados con un rendimiento de alta producción en sistemas de cultivo de una capacidad relativamente pequeña (181).

Se agrupó a truchas arcoiris en densidades de 15, 35 ó 50 peces por estanque ($2.48-8.27 \text{ Kg/m}^3$) y se les alimentó con seis dietas balanceadas variantes en proteína (34%, 48% y 58%) y -

en niveles de lípidos (7% y 23%). La elevación en el consumo de oxígeno posterior a la alimentación, fue atribuida a un aparente incremento de calor. Al parecer el incremento calórico tendió a aumentar con la proteína dietaria de cada uno de los dos niveles de lípidos, en cada densidad de los peces. Cuando los lípidos dietarios eran altos, la fracción de energía perdida a través del aparente incremento calórico fue elevada y tendió a decrecer con la proteína dietaria. Así, un decremento en la proteína dietaria aunado a un incremento concomitante en el abastecimiento de lípidos, resulta más eficiente en la utilización de la proteína dietaria para el crecimiento. El incremento aparente de calor varió de forma directa con la densidad de las truchas arcoiris en base a la equivalencia de pesos y dietas (100).

Durante 365 días, se cultivaron en aguas corrientes; bajo condiciones comerciales y en densidades de 31, 94, 156, 250 y --- $312/m^3$ a cinco grupos de truchas arcoiris, de peso promedio -- inicial de 0.84 g y una longitud patrón de 3.75 cm. Se observaron las diferencias en el consumo de alimento, peso corporal -- promedio y las respuestas fisiológicas y metabólicas de los -- grupos. La tasa de crecimiento menor se dió con la densidad mayor; la mayoría de las diferencias de las restantes densidades no fueron significativas. A pesar de que las densidades más altas disminuyen la tasa de crecimiento, la selección apropiada de la densidad dependió de las necesidades del peso vivo corporal (117).

Factores Asociados con la Nutrición.

Eficiencia alimenticia.- Es el peso ganado por unidad de peso de alimento dado durante un período determinado de tiempo (85).

Conversión alimenticia.- Es la cantidad de alimento que se proporciona al animal (en kilogramos) para obtener un aumento de un Kg en el peso de los peces.

De manera indebida, muchos piscicultores utilizan la conversión y eficiencia alimenticias como una medida absoluta de productividad. Por conclusiones recientes, se sabe que esta no es una práctica realista (85).

El objetivo principal de la alimentación es el de suministrar las cantidades adecuadas de los nutrientes precisos al menor costo posible. Una alimentación eficaz se lleva a cabo realizando unos pequeños cálculos: el peso total del alimento en g ó Kg, se divide con la ganancia en peso del pez.

$$\text{Así por ejemplo: } \frac{\text{Peso del alimento}}{\text{Aumento de peso}} \times \frac{150}{103} = 1.46$$

La cifra 1.46 se conoce como tasa de conversión (T.C.). Es obvio que cuanto mayor sea la ganancia en peso del pez para una cantidad de alimento dada, mejor será el resultado. Mientras más eficaz sea la alimentación, será menor la cifra obtenida en el cálculo. Así, una TC de 1.46 es mejor que una de 2. Como un medio de comprobar las condiciones de las truchas, suele usarse una fórmula que determina el llamado factor "condición". Está sujeto a muchas variables, por lo cual su valor es dudoso. Se basa en la premisa de que el peso de la trucha es proporcional al cubo de su longitud:

$$\text{Sea } K = \text{"condición"} = \frac{100 \times \text{peso en gramos}}{(\text{longitud en cm})^3} \text{ debe ser } = 1$$

De acuerdo a lo anterior:

- Si es menor que 1, el pez está en mala condición (largo y --delgado).
- Si K es igual a 1, el pez está en buena condición.
- Si K es mayor que 1, el pez está demasiado gordo.

(Las truchas están siempre más gordas en la madurez sexual, en "mala condición" después de la reproducción).

Por otra parte, las medidas anteriores no se deben realizar sobre peces aislados, sino tomarse como media de muestras de 20 ó más (94).

Experimentos.

Los alimentos se pueden clasificar con un amplio número de categorías, aunque es de dudarse si una categoría particular tiene una ventaja biológica sobre las otras. Las áreas principa--les de interés se ubican por los méritos relativos de las dietas secas y húmedas; y por el valor de los alimentos frescos y congelados en comparación a los alimentos basados en el procesamiento. Este estudio demostró que cuando se realiza un es---fuerzo por uniformar el contenido de nutrientes de las dietas, usando los mismos ingredientes o similares en su preparación, la categoría del alimento correspondiente a la dieta tiene un significado pequeño. En truchas alimentadas a saciar se observó un desempeño casi idéntico con un alimento seco, un alimento húmedo compuesto y una mezcla de alimento compuesto y pescado industrializado. No hubo diferencias significativas en los parámetros de ingestión de materia seca, crecimiento, composición del pez, cambios en el factor de condición y en la efi---ciencia y conversión alimenticia. El pobre desempeño de dos de las otras categorías de alimentos; que incluyeron una dieta básica de pescado industrializado y también una mezcla de alimento

to compuesto y ensilado de pescado, fue atribuido más convincentemente al uso de ingredientes de calidad inferior que a la categoría de los alimentos. Inicialmente las truchas depositaron en apariencia, una considerable cantidad de energía de reserva en forma de lípidos y esto condujo a un incremento del factor de condición. También la conversión alimenticia resultó alta, del orden de 1:1 sobre el peso seco del alimento al peso húmedo de pescado básico. Sin embargo, con un margen de 3 meses de conversión alimenticia hubo una baja de la mitad a 2:1, y el exceso de alimento fue aparentemente almacenado en cantidades apreciables (19).

La estimación de la variación genética en la conversión y eficiencia alimenticia de los peces no se ha revisado con anterioridad, debido a la dificultad en la medición del consumo de alimento con una escala suficientemente grande. Este problema fue superado con el desarrollo de un sistema para calcular el consumo de alimento mediante la consideración de la tasa metabólica (por la vía del consumo de oxígeno) y la energía componente del crecimiento. Se estudió en 231 grupos familiares de juveniles de trucha arcoiris completamente emparentados, usando este sistema durante un período de 2 años. La heredabilidad media familiar en la eficiencia y conversión alimenticia; crecimiento y consumo de alimento fue estimada en: $3 \pm 10\%$; $26 \pm 12\%$ y $41 \pm 13\%$, respectivamente. Las correlaciones fenotípicas y genotípicas de las medias familiares para éstos rangos fueron todas cercanas a la unidad. La selección para mejorar la eficiencia y conversión alimenticia es de poco valor. Los factores de eficiencia y conversión alimenticias son de enorme importancia en cualquier animal en producción. El potencial para un mejoramiento genético en sistemas de producción de peces puede estar asegurado cuando se conocen las características fenotípicas y genotípicas.

típicas, así como los parámetros. En este trabajo sin embargo, no fue previamente determinado, debido a la dificultad existente en la Acuicultura para precisar el consumo de alimento en un extenso número de peces o en grupos de éstos (84).

Se realizó en el Centro Piscícola "El Zarco" durante 12 semanas, un experimento por triplicado con lotes de 100 individuos cada uno para cada tratamiento (dieta tipo y dieta control). - Se comparó el efecto de la dieta tipo contra la dieta control en crías de trucha arcoiris de 3.0 ± 0.1 cm de longitud total; la primera con 42.78% de proteína, 27.89% de carbohidratos y 8.31% de lípidos; mientras que la segunda tenía 42.91%, 26.67% y 8.72%, respectivamente; evaluándose a través de los parámetros nutricionales, índice de mortalidad y costo. La dieta tipo fue menos eficiente en promover el crecimiento de las crías de trucha arcoiris por las siguientes razones:

- Un menor incremento de la longitud total durante la experimentación con respecto a los peces alimentados con la dieta control.
- Un menor incremento de peso durante la experimentación en relación a la dieta control.
- Valores de conversión alimenticia, tasa de crecimiento específico, conversión energética y eficiencia proteica más bajos en la dieta tipo que con los obtenidos por la dieta control.

Por otra parte, es más costeable elaborar 1 Kg de trucha arcoiris con dieta control que con la dieta tipo. Se determinó también el factor de condición, aunque no se consideró como un indicador para valorar el efecto provocado por las dietas utilizadas sobre las crías de trucha arcoiris (12).

Se realizó un experimento en el Centro Piscícola "El Zarco", - en donde se comparó el rendimiento de una dieta tipo, con un - contenido de 42.78% de proteína, 29.58% de carbohidratos y --- 8.31% de lípidos (elaborada con base en los requerimientos nu- tricionales); con una dieta comercial de un contenido de 42.91% de proteína, 27.22% de carbohidratos y 8.72% de lípidos; en el estadio juvenil de la trucha arcoiris (Salmo gairdneri), de -- una longitud promedio inicial de 14 ± 0.5 cm y bajo las mismas condiciones de experimentación, durante cuatro meses y medio. El rendimiento evaluado mediante la conversión alimenticia de- mostró ser un 61% más eficiente en la dieta control; resultan- do con una tasa de mortalidad menor en un 65% con respecto a - la dieta tipo. Los restantes parámetros nutricionales: Tasa de crecimiento específico, tasa de eficiencia proteica, conver- -- sión energética y factor de conversión económico alimenticio, así como la calidad del alimento corroboraron el mejor desempe- ño de la dieta control. El bajo rendimiento de la dieta tipo - se adjudicó a la pobre calidad en la elaboración de los pelets y a la inclusión de una grasa dura como es el sebo de res, el cual substituyéndolo por aceite de soya o de pescado y con un adecuado proceso de elaboración podría proporcionar mejores re- sultados, lo que contribuirá a lograr un alimento de mejor ca- lidad y más rentable para el cultivo de la trucha arcoiris --- (75).

Tasa de alimentación.- De manera figurada, la tasa de alimenta- ción es el regulador del "motor de crecimiento" del vivero. En teoría, cuanto más se alimente a los peces -es decir, cuanto - mayor sea la tasa de alimentación en Kg de alimento por cien- -- tos de Kg de pez- más rápidamente crecerán los peces. Como re- gla general, las tasas máximas de crecimiento están relaciona-

das con el tamaño y disminuyen con la edad. Se debe alimentar a los peces con el fin de obtener 70-100% del crecimiento posible durante un período determinado de tiempo. Alimentarlos para lograr menos del 70% del crecimiento posible equivale a una ración de hambre, con una baja calidad de pescado. Por el contrario, alimentar con más del 100% de crecimiento permisible - traerá un desperdicio de alimento, elevando así los costos de producción como el potencial de efectos adversos al crecimiento (85, 201).

Haskell considera que los mayores factores que afectan el crecimiento de los peces son la temperatura del agua, la especie del pez y la tasa de alimentación. Sus cálculos de la tasa de alimentación toman en cuenta el factor-K de los peces, el ΔL y la conversión de alimento anticipado.

Expresada matemáticamente, la tasa de alimentación como % del peso corporal =

$$\frac{\text{factor de conversión} \times \Delta L \times 3 \times 100}{L}$$

donde: ΔL = El aumento diario de longitud (cm).

3 = El factor de conversión peso-longitud.

100 = Factor para quitar el decimal.

L = La longitud (cm) de los peces en un día determinado.

Como son pocos los criaderos que tienen una temperatura constante durante todo el período de crecimiento, Haskell desarrolló un método de ajustar la tasa de alimentación de acuerdo a la temperatura del agua. Encontró que el crecimiento de la trucha de arroyo (Salvelinus fontinalis) prácticamente cesó a una temperatura de 3.7°C. Desarrolló el concepto de Unidad de Temperatura (UT), el cual definió como la temperatura mensual promedio menos 3.7°C. Aplicando este concepto, se puede estimar -

el número de Unidades de Temperatura que se necesitan por cada centímetro de longitud ganado. Luego, usando la anticipada UT durante el período de crecimiento, se puede estimar el mismo durante dicho período (85).

Buterbaugh y Willoughby (1967) desarrollaron una tabla de alimentación basada en el concepto de una "constante del criadero (CC)". Definieron la constante del criadero como el numerador de la ecuación de Haskell; es decir, $CC = \text{el factor de -- conversión} \times \Delta L \times 3 \times 100$. Para temperaturas de aguas variables la ΔL anticipada se calcula de la manera siguiente:

$$L = \frac{\text{UT anticipada (mensual)}}{\text{UT necesaria por un incremento de 30 días}}$$

La tasa de alimentación diaria se estima dividiendo la constante del criadero por la longitud (estimada diaria) de los peces (46, 85).

Experimentos.

Se alimentó a juveniles de trucha arcoiris de un peso inicial de 2.1 g; con dos dietas experimentales, en tres proporciones alimenticias durante 308 días, o en ayunas durante 140 días. En la observación de la historia nutricional previa (dieta y tasa de alimentación) y el tamaño del pez (peso individual), los determinantes primarios del porcentaje de proteína, lípidos, cenizas y humedad en los cuerpos de los peces, indicaban que padecían hambre. La edad no se identificó como un factor primario en determinar la composición corporal. La proteína y los lípidos fueron catabolizadas como energía por los peces hambrientos, pero la disminución de las grasas corporales fue más rápida y severa. Al incrementar la tasa de alimentación se elevó el porcentaje en proteína y lípidos, y se observó -- disminuido el de humedad y cenizas en los cuerpos de los pe--

ces. Un incremento en el porcentaje de proteína y lípidos dietarios resultó en un decremento de la humedad; y un incremento de lípidos en el cuerpo de los mismos (136).

Una simple fórmula alimentaria, el porcentaje del peso corporal del alimento a dar = $2 \times ^\circ\text{C}/(100 K \times L)$, se ofrece en el cultivo de los peces; K es el factor de condición y L es la longitud del pez. La fórmula se basa en la constante de incubación de Buterbaugh-Willoughby, pero los defectos de ese método (cómo distribuir con distintas temperaturas del agua y los factores de condición) son superados. Como sucede con todas las fórmulas y normas alimentarias, esta fórmula sirve sólo como una guía. El uso de esta fórmula provee una rápida y práctica herramienta para evaluar la eficiencia de un programa de alimentación. Puede aplicarse sólo cuando se conocen la temperatura del agua, la longitud de los peces y el factor de condición (194).

Efectos del Ambiente.

El ambiente es otro factor que tiene gran influencia tanto en el desarrollo de las operaciones de pesca como en el estado de poblaciones de peces. Todas las especies tienen condiciones óptimas bajo las cuales se pueden desarrollar mejor y aun cuando no todas las condiciones del ambiente sean las óptimas, cada población de peces tratará de ubicarse siempre en ambientes donde cada una de éstas condiciones se encuentre dentro de los límites tolerables que permitan así su desarrollo normal. Es por esto que cualquier cambio en alguna de estas condiciones, sea la temperatura; la salinidad; la cantidad de oxígeno; la dirección y fuerza de los vientos y las corrientes; la cantidad y calidad del material orgánico en suspensión; la estructura del terreno; etc., pueden alterar positi-

va o negativamente el tamaño y el balance dinámico de las poblaciones.

De hecho estos cambios ocurren continuamente y el ambiente, y la capacidad de carga del medio que ocupa cada población no deben considerarse como el resultado de un conjunto de características físicas y químicas estáticas. Son más bien el resultado de múltiples variables que independientemente van afectando de una u otra forma a la población y sólo es posible considerar -- que el ambiente como un todo es constante cuando los efectos positivos y negativos de cada uno de sus componente se compensan unos con otros a través del tiempo (39).

Experimentos.

La mayor parte de los estudios de evaluación del metabolismo y necesidades de energía en animales domésticos se han obtenido -- con métodos indirectos, en donde la producción de calor estimada está basada en el oxígeno consumido y el dióxido de carbono producido. El objeto de este estudio fue determinar la posibilidad de una calorimetría directa como método para medir la producción de calor del pez y determinar el efecto de la temperatura del medio ambiente y la talla corporal en la evaluación metabólica de varias especies. Fue adaptada una bomba calorimétrica adiabática en el manejo de la vida de los peces y se graduó a -- los leves incrementos de calor. La producción de calor de las -- truchas de arroyo y de lago, y del salmón del Atlántico, los -- cuales pesaban de 1 a 4 g, fue limitada a temperaturas clasificadas de 3 a 18°C. La producción de calor en la trucha arcoiris de peso corporal individual de 0.85 a 57.0 g, fue medida en --- 15°C. Se encontró a la calorimetría como un método satisfactorio para la medición del calor en los peces. Las pruebas fueron reproducibles y se pudieron completar en 6 a 8 horas. La producción de calor cambió linealmente con la temperatura por encima

del rango probado. Las ecuaciones de regresión en la producción de calor para peces de 1 a 4 g, fueron: para la trucha arcoiris, $HP = 0.59 + 0.525T$; para el salmón del Atlántico, $HP = 0.66 + - 0.0339T$; para la trucha de arroyo, $HP = 0.37 + 0.0770T$; y para la trucha de lago, $HP = 0.41 + 0.0680T$; en donde HP es Kcal/Kg/hora y T es temperatura. El efecto del tamaño en la evaluación metabólica de manera lineal de 1 a 4 g, y proporcional a $W^{0.63}$ - de 4 a 57 g (165).

Fue estudiada la actividad hipo-osmorreguladora de dos especies de salmónidos, por el traslado directo de estos peces al agua de mar. Se observaron dos parámetros del plasma durante los ensayos; Presión osmótica y nivel de sodio. Se usó un radioinmuno ensayo homólogo en la producción de prolactina del salmón, siendo medido también el nivel de ésta hormona en el plasma. La adaptación de la trucha arcoiris al agua de mar pareció dificultarse, lo cual quedó demostrado con el incremento en la presión osmótica y en nivel de sodio. Sin embargo, después de dos semanas los peces fueron capaces de regular su balance hidromineral. El nivel de prolactina disminuyó en 24 horas después del traspaso y permaneció significativamente más bajo que en los peces de agua dulce del experimento. En contraste, el salmón del Atlántico trasladado al agua de mar, fue capaz de controlar su balance hidromineral a pocos días después de su cambio, demostrado por la presión osmótica del plasma y el nivel de sodio. Además el nivel de prolactina no fue significativamente diferente entre los peces de agua dulce y de agua marina, desde el día 4 hasta el final del experimento. Así con la medición de la prolactina plasmática, fue posible confirmar los dos ejemplos de adaptación al agua de mar, presentados con el salmón del Atlántico y la trucha arcoiris. Se discuten estos resultados en términos del posible papel de la prolactina en la osmorregulación de los salmónidos (128).

Se compararon a 10 y 16°C las tasas de crecimiento de tres especies de salmónidos: trucha de arroyo (Salvelinus fontinalis), -- trucha de lago (S. namaycush) y trucha arcoiris (Salmo gairdneri) y un híbrido (S. namaycush x S. fontinalis). Se examinaron dos tipos de cada especie y uno de los híbridos. Las tasas de crecimiento específico del más alto al más bajo a los 10°C, fueron -- por especies: trucha arcoiris, trucha de lago, híbrido y trucha de arroyo. A los 16°C el orden fue: trucha de arroyo, trucha arcoiris, híbrido y trucha de lago. La trucha de arroyo, la arcoiris y el híbrido tuvieron tasas de crecimiento específico significativamente más altas a los 16°C, pero la trucha de lago no de mostró diferencias a las dos temperaturas. Las diferencias fueron significativas en la trucha de lago y la arcoiris, pero no en la de arroyo. La trucha arcoiris demostró efectos significativos con la interacción de la temperatura. Los niveles de eficiencia en la conversión alimenticia de la mejor a la peor, fueron: trucha de lago, 10°C; híbrido, 10°C; trucha de arroyo, 16°C; híbrido, 16°C; trucha arcoiris, 16°C; trucha arcoiris, 10°C; trucha de lago, 16°C y trucha de arroyo, 10°C (153).

Durante 4 meses aproximadamente (de febrero a mayo), se cultivó a la *Daphnia magna* en tres estanques (de 1.2 metros cúbicos cada uno), los cuales fueron suplidos con el desagüe de una pequeña planta, usando lodo activado. La densidad de la *Daphnia* se incrementó de 30 dáfidos/litro a 1000/litro (con una biomasa de 1.4 a 190 mg/litro como materia seca). A finales de marzo, se colocaron en redes dentro de los estanques con *Daphnia*, 90 larvas de trucha arcoiris (Salmo gairdneri). Después de 56 días, cuando -- terminó el experimento, su sobrevivencia fue del 95% y el promedio fue de 4% diario. El volumen necesario del estanque para una producción continua de *Daphnia* para alimentación de larvas, fue estimado con una estancia aproximada a 1 metro cúbico para 1000

larvas de trucha arcoiris en su primera alimentación (1 litro de Daphnia por larva). Para especies con larvas más pequeñas - el volumen de cultivo de Daphnia pudo reducirse acordeamente -- (40).

Clase de alimento.

Se pueden utilizar diversos tipos de dietas para peces, dependiendo de la elección del costo de alimento, del comportamiento alimentario de la especie de peces y de las instalaciones - que se posean para su almacén.

Los alimentos para peces se clasifican en secos, húmedos o mixtos; según la cantidad de humedad, cereal y productos animales que contenga la fórmula. En general, las dietas secas entrañan menores problemas de almacenamiento y manipulación que las ricas en humedad (46, 85).

Alimentos húmedos.

Como muchos peces que se cultivan con fines comerciales son -- carnívoros, sus respectivas dietas consisten principalmente en subproductos de pescado y animales; y son húmedas. Los productos animales son elevados en protefñas y en la mayoría de las vitaminas, de modo que requieren escasa suplementación. Es probable que el principal inconveniente de los alimentos húmedos sea un contenido de principios nutritivos muy variable de un lote a otro. Las dietas húmedas se clasifican en naturales y - artificiales (46).

Dietas naturales.- La mayoría de los principios nutritivos de estas dietas húmedas provienen del ambiente circundante. Los - peces pequeños se alimentan de pequeños crustáceos y plancton, pero conforme crecen, devoran animales cada vez más grandes, - como insectos adultos, gusanos, moluscos, pequeños peces, reña cuajos y ranas. Como el ambiente es de una composición biológi

ca muy variable, este tipo de dieta es insuficiente para producir peces y tiene importancia secundaria si el productor no -- dispone de grandes extensiones de agua (46).

Dietas artificiales.- Consisten en diversos órganos, carnes y subproductos de animales, aves de corral y pescado. Los alimentos húmedos más comunes son hígado, bazo, ovarios, intestinos, sangre, testículos, carne de descarte, peces de descarte, riñones, desechos de pescado, moluscos, sesos, recortes de carne, corazón, descarte de aves y sus subproductos; además de subproductos lácteos. Es importante considerar que muchos subproductos de pescado contienen tiaminasa, por lo cual se deben someter a tratamiento térmico o agregárseles tiamina suplementaria (46).

Alimentos secos.

La mayoría de los productos comerciales --incluso los de truchas-- utilizan alimentos secos en la actualidad. Aunque una -- porción substancial de las dietas secas consiste en carne y en subproductos de origen animal, una considerable porción es materia vegetal. Los granos más utilizados son cebada, trigo, -- maíz y soya; aunque también se emplea centeno, avena, mijo, -- nueces, papas y semillas de pastos. La mayoría de los suplementos de origen vegetal son pobres en fibra y ricos en proteínas, como por ejemplo las harinas de oleaginosas. Los alimentos secos tienen muchas ventajas con respecto a los húmedos. Como el contenido de humedad de estos alimentos es de apenas un 10%, -- en comparación con el 50 a 86% de los húmedos, es más fácil y más económico procesarlos y manipularlos. Las instalaciones para su almacenamiento pueden ser más sencillas porque no hace -- falta la refrigeración y no se tiene el problema del olor del alimento, como sucede con los húmedos. La ventaja más importante de los alimentos secos es que asegura al productor un ali--

mento de composición más uniforme, lo que permite modificar el contenido de los ingredientes de la dieta para adaptarse a las necesidades específicas de los peces (46).

Alimentos mixtos de carne y harina.

Para que algunas dietas de pescado y subproductos animales sean más uniformes en cuanto a la composición de nutrientes, se agregan granos, solubles de destilería, harinas de oleaginosas, vitaminas y minerales. Los niveles de humedad son variables y la consistencia de la dieta se parece a un amasijo o pasta. Aunque se obtiene cierta uniformidad de principios nutritivos, lo que no ocurre con las dietas húmedas, los problemas de almacenamiento y manejo son básicamente los mismos que los de las dietas húmedas.

Al agregar alimentos secos a los húmedos, el productor está en condiciones de: 1) mejorar el balance nutricional del alimento y 2) evitar la pérdida de líquidos del alimento (46).

Alimento comercial.

La presentación comercial del alimento balanceado viene en dos tipos distintos: el extruido o flotante y el peletizado no flotante.

Los alimentos extruidos son más estables en el medio acuático y por su flotabilidad propia, es preferido su uso en Acuicultura, debido a que esto representa una valiosísima herramienta para el manejo de la alimentación, puesto que el técnico puede observar de una manera indirecta el estado de salud de los peces al alimentarse o dejarlo de hacer; o la presencia de alguna enfermedad. Además, los alimentos extruidos no se pierden en el fondo del estanque donde existe lodo, como sucede con los peletizados. Como es de esperarse, dichas ventajas se reflejan en el precio del producto, por el hecho de que se requiere adquirir el equipo extrusor para la elaboración del producto con esa pre

sentación, aunado al requerimiento energético extra para el proceso; lo que se refleja en un 10 ó 20% de incremento en el precio del producto.

El suministrar alimento peletizado implica un manejo del entorno acuático más estricto ya que al perderse éste en el fondo -- del estanque, a causa de un mal manejo del estanque que permita el crecimiento de macrofitas emergentes hace necesario el monitoreo periódico de los parámetros de la calidad del agua y las enfermedades (201).

Experimentos.

En cinco arroyos del sur Apalache se estableció una comparación de muestras tomadas de la corriente, del contenido estomacal de truchas arcoiris (Salmo gairdneri) y café (Salmo trutta) de 1 - año de edad. Se consumió una variedad amplia de alimentos y no fueron tomados por éstos géneros en un porcentaje mayor al 2.5%, sino por otras especies de truchas. Los cambios estacionales en la composición del material arrastrado, desde junio hasta hasta noviembre, fueron por lo general ejemplares de los cambios en -- las dietas de las truchas. La contribución de los organismos te -- rrestres al material arrastrado y a las dietas fue mayor en el último verano y otoño. El porcentaje sobre todas las muestras, comprendidas las terrestres fue de 36, 45 y 50% del material -- arrastrado; en las dietas de las truchas arcoiris y café, res -- pectivamente. Ambas especies de truchas demostraron tener prefe -- rencias de alimentación para una carga particular (en especial de organismos terrestres), pero la mayoría prefirió consumir en -- proporciones similares el material arrastrado en abundancia. El apoyo oportuno a la estabilidad alimenticia en las poblaciones de truchas en los arroyos, con una producción relativamente baja de alimentos autóctonos, es admitido por las truchas para --

aprovecharlo con el material terrestre ingerido. La importancia de la protección a la vegetación ribereña (la cual es una fuente de presas terrestres) y la consideración a los elementos del habitat acuático, en los cuales las truchas pueden capturar eficientemente el material arrastrado al salir a la superficie --- cuando son determinadas sus necesidades mínimas; debe ser motivo de un énfasis en relación a los proyectos de diversiones --- acuáticas de los arroyos (20).

Métodos de alimentación.

Es por demás señalar la importancia que tiene el ofrecer al pez un alimento que cubra sus necesidades nutricionales específicas. Sin embargo al cumplirse esta condición se garantizará el éxito del cultivo, ya que se requiere que dicho alimento sea suministrado con una calidad adecuada, es decir que sea fresco, que es té libre de micotoxinas o que su fracción lipídica no esté oxidada; situaciones que se presentan generalmente con un almacena je inadecuado. Por otra parte la manera de ofrecerlo, así como la frecuencia de alimentación son otros factores que si se manejan adecuadamente, contribuyen al éxito del cultivo.

Es por ello que en las prácticas de alimentación se deben de -- considerar los siguientes factores: especie a cultivar, estado de desarrollo (cría, juvenil o reproductor); sistema de cultivo empleado (intensivo o semi-intensivo); las técnicas de alimenta ción como son la frecuencia y tasa de alimentación o biomasa a suministrar y por último aquellos factores ambientales que afec tan el consumo del alimento, como son la temperatura y calidad del agua.

Una guía adecuada para el acuacultor en lo referente a técnicas de alimentación, incluye entre otros aspectos:

- El alimento deberá colocarse o suministrarse en un lugar don-

de el pez pueda consumirlo fácilmente.

- Ofrecido de tal manera que sea inmediatamente comido.
- Presentado de forma tal que todos los peces reciban su porción respectiva.

Es decir para que el pez tenga un acceso fácil al alimento, es necesario distribuirlo en todos los lados del estanque, siempre y cuando no se tenga un viento dominante en alguna dirección y se deberá tener un gran cuidado en considerar el tamaño de la boca del pez, porque ésto condicionará el diámetro de la partícula a suministrar. Al ofrecer alimento con un tamaño inadecuado, no lo puede consumir el pez con eficiencia.

Es evidente que el tamaño de la partícula debe incrementarse acorde al aumento de talla del pez. En caso de que no se tenga acceso a alimentos con diferentes tamaños de partículas, el acuacultor puede moler el pelet, y auxiliado con tamices de diferente luz de malla se hace la gradación de migajas, separando los finos o harinas generadas. El uso de alimentos así producidos debe realizarse con cautela, debido a que el desperdicio se incrementa por el hecho de que algunas partículas son muy grandes o muy pequeñas para ser consumidas por el pez.

Los peces pequeños no deben desplazarse más de unos cuantos metros para consumir el alimento, por lo que éste debe distribuirse en un área considerable. En el caso de los peces más grandes, éstos pueden recorrer distancias mayores, pero es importante que el tamaño y número de comederos y alimentadores, si es que se utilizan, sean suficientes para que todos los peces puedan comer. Es recomendable también que se considere el hecho de que los peces son organismos que crean hábitos, por lo que el alimento se debe suministrar en el mismo horario y de la misma manera (201).

Si se cuenta con el personal y las dimensiones de la granja lo permiten, se debe alimentar de manera manual porque esto facilita la detección de signos tempranos de estrés que pueden conducir a una enfermedad, lo que se refleja directamente en una reducción significativa de la cantidad de alimento ingerido -- por la población (201).

Experimentos.

Se alimentó a crías de truchas salvajes de río (Salmo clarki) con una de las 2 ó 3 dietas abiertas, para comparar la efectividad relativa en los alimentos. Los pesos ganados fueron mayores y las conversiones alimenticias más bajas en los peces alimentados con una dieta suavemente húmeda que con los alimentados con Bioproductos' Biodieta o con la dieta abierta 411, la dieta del salmón del Atlántico (ASD2), o la modificada ASD2. -- Las dietas abiertas (excepto la modificada ASD2), fueron menos costosas que las dietas cerradas en un kilogramo de pescado -- producido (43).

Se midió en un período corto, la asimilación de alimentos en -- 1188 truchas arcoiris (Salmo gairdneri), de un peso de 0.04 a 1.10 Kg y utilizando yoduro de plata radioactivo ($Ag^{131}I$) como marcador. Los peces se alojaron en estanques de fibra de vidrio con un suministro de agua dulce. La temperatura del agua osciló de 1.5 a 12.2°C. Los peces se acostumbraron a la alimentación de 3 veces/hora, durante 20 horas/día. Este intervalo -- de 20 minutos fue mantenido durante las 6 horas del período experimental cuando se presentó la radioactividad de las dietas. Fue usada una dieta seca en dos experimentos y una húmeda en -- treinta y uno. La cantidad radioactiva del alimento ingerido -- por los peces se midió con un contador de radiaciones gamma -- con destino a sus estómagos. La correlación entre el peso de --

los peces y la ingestión de alimento en grupos individuales, - fue en promedio de 0.2. Durante los tres experimentos, e inclu- so durante el desarrollo del mismo, la ingestión de alimento - varió demasiado entre los grupos de igual tamaño controlados - con iguales temperaturas del agua. El incremento en la inges- tión de alimento ascendió con las temperaturas crecientes del agua en cada experimento. Cuando la temperatura del agua fue - de 1.5°C, sólo hubo pequeñas cantidades de alimento ingerido, mientras que a 11-12°C la ingestión de alimento fue de 0.14 a 0.37% del peso corporal. La ingestión de alimento (ajustado a materia seca) fue mayor en los peces que recibieron una dieta húmeda (173).

Se investigaron los efectos de diferentes niveles de alimenta- ción sobre el crecimiento muscular, la dinámica y la actividad metabólica de enzimas importantes de los músculos de la trucha arcoiris (Salmo gairdneri); en un estudio prolongado, desde la alimentación inicial hasta el final de su vida. Se definieron de acuerdo al crecimiento esperado tres niveles de alimenta- ción experimental, uno adecuado y los de restricción moderada y fuerte. Los grupos de truchas se mantuvieron en niveles cons- tantes de alimentación experimental con el fin de estudiarse - los efectos en un corto o largo plazo, o los sujetos a niveles cambiantes para investigar los efectos compensatorios. Se pre- sentaron los resultados del primer año, del experimento puesto en marcha. El crecimiento somático se incrementó con una ali- mentación creciente. No se observó crecimiento compensatorio - en los grupos trasladados de la alimentación restringida a la adecuada. Las áreas fibrosas en el músculo blanco se relaciona- ron con el peso corporal, indicando un mecanismo de crecimien- to en el músculo blanco basado en una expansión de la fibra. - Esta conclusión se sostiene por la distribución en el tamaño -

de la fibra. En el músculo rojo, las áreas fibrosas guardaron una relación estrecha con el nivel de la ración. El contenido de proteína y agua fue estable. El nivel de glucógeno varió con los cambios de ración. Con una alteración en el nivel de la ración, la actividad de la fosfofructoquinasa en el músculo blanco; así como la 3-hidroxiacil CoA dehidrogenasa, la citrato sintetasa y en menor grado la citocromo oxidasa, presentaron cambios en el músculo rojo (82).

En años recientes se han observado crecimientos importantes en la extensa industria de la Acuicultura mundial. Se ha puesto énfasis particular en peces exóticos como la trucha, la trucha de mar, el salmón del Atlántico y los camarones. En comparación con la Agricultura, la industria acuícola es aún muy joven y se necesita mucha investigación para una óptima Economía, Sanidad, Genética y prácticas nutricionales. En el papel se discute la significancia de la Acuicultura de salmónidos en Australia, con particular referencia a Tasmania, y ofrece sugerencias en donde mucha de la investigación necesitada puede ser concentrada en el futuro. Se hace énfasis a las necesidades y fuentes de nutrientes dietarios. También, a la calidad del alimento, la calidad del producto final y al respaldo en la compra y venta en el mercado. Las indicaciones que se dan para una próxima investigación consideran que el futuro de esta industria dependerá de una Economía muy sensible (101).

Frecuencia de Alimentación.

Para la obtención de resultados satisfactorios en el crecimiento de los organismos no sólo es necesario que se suministre la cantidad requerida de alimento, sino además se debe dar con una frecuencia tal que asegure una asimilación óptima del

alimento. Considerando para ello su estado de desarrollo y actividad metabólica de los mismos, ésta última guarda una relación directa con la temperatura del agua (201).

Las normas o guías de alimentación son presentadas por escasos productores de alimentos, por lo que los truiticultores en muchas ocasiones utilizan criterios basados en una alimentación "ad libitum" (a saciar) (187).

En el caso específico de la trucha arcoiris, que es la especie en la que se observan los mayores problemas, la empresa norteamericana "Silver cup feeds" sugiere un esquema de alimentación para las distintas etapas:

1) Estado de "nado a superficie" y alevín.- La alimentación de la trucha debe iniciarse cuando los alevines suben a la superficie del agua. Debido a que en esta etapa son mantenidos en grandes densidades en las tinas de alevinaje, es fácil que aprendan a comer por imitación. Es recomendable alimentar en cantidades pequeñas durante 8 ó 9 veces al día, para lo cual se debe esparcir el alimento sobre la superficie del agua de manera uniforme para que todos los alevines puedan tener acceso al mismo. El alimento recomendado tendrá un tamaño de gránulo correspondiente al de iniciación y/o al gránulo No. 1 (115, 201).

Se continúa con el alimento iniciador con gránulos de tamaño equivalentes al No. 2, hasta que un alevín alcance los 6.0 cm. de longitud.

2) Estado juvenil.- Una vez que el pez alcance los 6.0 cm. de longitud, se cambia al gránulo No. 3 y No. 4 hasta llevarlos a una talla de 11.0 cm. de largo. La frecuencia de alimentación se reduce a 4 ó 5 veces al día.

3) Juvenil de 11.0 a 15.0 cm. de longitud.- Se utiliza alimento equivalente al No. 5, y se alimenta 4 veces al día.

4) Fase de engorda (Mayores de 15.0 cm. de longitud).- Se puede emplear alimento peletizado con una gradación de tamaños, - que va desde los 2.4 mm. hasta 4.7 mm., dando alimento 4 veces al día.

5) Reproductor.- Se puede utilizar alimento cuyo tamaño va des de 4.7 mm. a 6.25 mm., con una frecuencia de 2 ó 3 veces al -- día (201).

Almacenamiento de alimentos.

El almacenamiento inadecuado del alimento es una de las causas más ignoradas de los problemas nutricionales en la cría de peces; ya que puede conducir a deficiencias vitamínicas (partii-- cularmente vitamina C), a la rancidez de grasas y a deficien-- cias proteicas (85).

Es recomendable por tanto que la bodega de almacenamiento reúna ciertas características, como se indican a continuación:

1) Adquirir sólo lo que se consuma en 3 meses.

No se debe adquirir un volumen de alimento mayor al que se estime consumir dentro de 3 meses a pesar de que el precio del - mismo se eleve, ya que esto es el principal motivo para almace-- nar volúmenes mayores de alimento, con su consecuente deterioro.

2) Agotar existencias previas.

No estibar el alimento recién adquirido sobre la existencia an terior, se deberá usar el alimento en bodega, si es que está - en buenas condiciones.

3) Local limpio.

No permitir que se establezcan nidos de cualquier clase de ani males (insectos, roedores, arácnidos, etc.), que son portado-- res de infinidad de enfermedades infecciosas a través de los - granos almacenados.

4) Humedad relativa baja.

El efecto combinado de la humedad ambiental o humedad relativa, el contenido de la humedad del mismo alimento y una temperatura elevada, favorecen el desarrollo de microorganismos, tanto en los granos almacenados como en el alimento elaborado. El -- más común es el hongo Aspergillus spp., que se involucra en la descomposición del alimento cuando el contenido de humedad del mismo es elevado (de 15% a 20%) y la humedad relativa excede - en un 65%. Se puede evitar esto al mantener una cantidad baja de insectos (que son los principales transmisores), así como - de temperaturas bajas y la humedad relativa. También es reco-- mendable como medida protectora, el uso de fungicidas en el -- alimento: adicionar 0.25% de ácido propiónico al elaborar el - alimento.

5) Temperatura baja.

De preferencia menor de 25°C, en regiones tropicales; ya que a los 25°C ó más, propicia el crecimiento del insecto y hongos - tales como Aspergillus flavus.

6) No guardar alimento para alevines.

El alimento para alevines no se deberá guardar para la siguien-- te temporada de reproducción (esto es aplicable a la trucha).

7) Colocar los costales de alimento sobre un entarimado.

Esto permite que la limpieza sea más fácil y que si por alguna circunstancia se moja el piso o se derrama algún líquido, no - se humedece el alimento. No se deben estibar más de 10 sacos - uno sobre el otro.

8) Ventilación adecuada.

Se puede lograr esto al dejar espacios entre las pilas de ali-- mento estibado, evitando así que se eleve la temperatura.

9) Instalación de mallas de mosquitero.

Para evitar la entrada de insectos. Se deben colocar mallas de mosquitero en ventanas y ductos de ventilación.

10) Lugar bien iluminado.

Pero no con luz solar, sino con energía eléctrica; de lo contrario las radiaciones ultravioleta emitidas por el sol producen la descomposición de las vitaminas. Aunado a esto, se recomienda que el alimento tenga un bajo contenido de humedad (menor al 15%), para evitar un rápido deterioro.

11) Manejo adecuado.

Debe evitarse el tirar o dejar caer las bolsas de alimento o caminar sobre ellas.

12) Evitar el contacto con fuentes contaminantes.

No debe almacenarse el alimento en un área donde pueda contaminarse con polvo, agua, pintura, aceite, gasolina, pesticidas u otros productos químicos.

13) Alimento en buenas condiciones.

No dar alimento contaminado o descompuesto.

14) Fecha de elaboración.

Es indispensable verificar la fecha en que el alimento fue elaborado, evitando la adquisición del que sea mayor a 15 días -- (201).

IV. ANALISIS DE LA INFORMACION.

a) Anatomía y Fisiología del Aparato Digestivo.

Externamente las truchas son peces de tamaño y formas variables, con escamas cicloides y una banda lateral que en el caso de la arcoiris especialmente, se aprecia con más facilidad en la época de reproducción por su iridiscencia.

El tubo digestivo está perfectamente diferenciado en esófago, - estómago e intestino; su longitud es de aproximadamente $5/8$ del largo total del pez, siendo por ejemplo en una trucha de 50 cm. de longitud, un tubo cercano a los 32 cm. En un extremo del estómago en unión del intestino delgado se encuentran los ciegos pilóricos, son de 30 a 80. Las investigaciones confirmaron que el número y longitud de los ciegos no tienen importancia en la digestibilidad de proteínas y lípidos en la trucha arcoiris --- (Oncorhynchus mykiss).

Encima del hígado está la vesícula biliar, que en condiciones - normales vierte la bilis sobre el intestino mediante el conducto biliar y desdobra los alimentos. La otra glándula importante es el páncreas, tiene dos funciones: la producción de enzimas - pancreáticas y la insulina que controla el metabolismo del azúcar. Un estudio determinó que la temperatura medioambiental tie - ne influencia en la digestión, pues la elevación de la misma -- afectó varios compartimentos del tracto digestivo.

b) Proteínas.

El objetivo principal del cultivo de peces es la producción de carne y las proteínas forman la porción orgánica mayor del cuer - po de los peces; y también proporcionan los bloques de construc - ción para el crecimiento y la reparación de los tejidos. Están compuestas por cadenas polipeptídicas, formadas por aminoácidos

constituidos de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.

El uso de proteínas como recurso energético no resulta costoso por ser el nutriente más caro de la dieta. Un buen alimento balanceado contiene de 36 a 51% de proteína, según la edad y etapa de la trucha. La mejor proteína es la que provee al animal con exactitud las necesidades cuantitativas y cualitativas de los aminoácidos esenciales. Estos son: Arginina, isoleucina, lisina, fenilalanina, triptofano, histidina, leucina, -- treonina, metionina y valina. Si en una dieta faltan los aminoácidos lisina, triptofano y metionina se afecta el crecimiento, por lo que se consideran como limitantes.

La trucha, el salmón y el bagre pueden usar más proteína que la necesitada gracias a su eficiencia para eliminar los desperdicios de nitrógeno en forma de amoníaco soluble, a través de las agallas.

La Relación de la Eficiencia Proteica y el Valor de la Producción Proteica son formas de medir la utilización de la proteína. Este depende esencialmente de la especie del pez, la talla, los factores medioambientales, la calidad de la proteína, el nivel de proteína dietaria y la energía utilizable en la dieta, el tipo de fuente energética y la cantidad de alimento.

Las investigaciones en proteínas y aminoácidos en su mayoría se enfocan al empleo de diversas fuentes como subproductos -- agropecuarios tales como gallinaza, harinas de pluma y sangre o incluso contenido ruminal; también se utilizan larvas de quironómidos, dáfnidos y gamáridos o recursos tan rebuscados como el calamar y el pulpo; proporcionando diversos resultados todo lo anterior, en la eficiencia proteica. En cuanto a los aminoácidos se confirma que la lisina, el triptofano y la metionina son primordiales.

Los reportes de experimentación en su mayoría se enfocan a las proteínas y los aminoácidos; procurando encontrar otras alternativas que resulten más costables.

c) Carbohidratos.

Están integrados por carbono, hidrógeno y oxígeno; siendo su papel principal el aporte de energía de activación en los procesos metabólicos de proteínas y lípidos. Sus necesidades son de 11% para crías y 23% para engorda, aunque deben limitarse en la dieta.

Los carbohidratos se hallan en forma de glucosa y glucógeno. La primera en los fluidos y células corporales; el glucógeno en el hígado y tejidos musculares.

Los trabajos con carbohidratos en general se refieren a su aporte energético, aunque su digestibilidad no resulta muy apropiada en algunos casos.

d) Lípidos.

En Nutrición se debe hablar de lípidos y no de grasas, por tener una denominación más extensa y por usarse los aceites en raciones para peces. En los lípidos, el carbono, hidrógeno y oxígeno no se encuentran en la misma proporción que en los carbohidratos, sino que el carbono y el hidrógeno están en mayor proporción que el oxígeno, por lo que al quemarse aportan más del doble de calorías que los carbohidratos. Son la fuente de energía más concentrada de todos los grupos de alimentos. La información sobre lípidos es pobre, hay aún dudas acerca de las necesidades de lípidos en los peces. Existen varias opiniones al respecto. En la trucha es poco necesaria la serie linoleica ($\omega 6$), siendo por el contrario esenciales los ácidos grasos insaturados específicos de la familia linoléica ($\omega 3$).

Los estudios en lípidos confirman que los ácidos grasos insaturados tienen una mayor digestibilidad que los ácidos grasos saturados. Por otra parte, las grasas animales son fuentes convenientes de energía para la alimentación de la trucha.

e) Vitaminas.

Su conocimiento en los últimos años ha aumentado, reconociéndose actualmente 16 vitaminas. Se dividen en liposolubles que son la A, D, E y K; cuyo metabolismo es más lento. Las hidrosolubles están constituidas por el complejo B y la vitamina C o ácido ascórbico, siendo todas ellas más metabolizables.

Las necesidades de las vitaminas no estaban cuantificadas hasta que Wolf desarrolló una dieta purificada conveniente para truchas. La cantidad diaria recomendada de cada vitamina, se presenta frecuentemente en U.I.

Como el aparato digestivo de los peces es de estructura y función muy sencilla, existe la absoluta necesidad de suplementar las dietas de peces con vitaminas.

En general los experimentos con vitaminas tienen como objetivo -- principal conocer los efectos de una deficiencia o un exceso de éstas.

f) Minerales.

Sus necesidades son consideradas mínimamente cuantitativas en comparación con otros nutrientes, pero esto no significa que sea menor su importancia. Si un animal carece de elementos minerales -- aparecerán trastornos en su salud, los cuales avanzarán hasta -- llegar incluso a la muerte. En los peces es difícil precisar con exactitud las necesidades de minerales. Son esenciales por lo menos 22 minerales; 7 macrominerales y 15 minerales traza.

Una forma de asimilación de minerales en la trucha es a través de la absorción directa del agua. Por esta razón algunos autores re-

comiendan en prácticas alimentarias donde se utilizan aguas -- provenientes de manantial, excluir parcial o totalmente el suministro de calcio y fósforo de las premezclas, porque se encuentran en las cantidades suficientes de dicho cuerpo de agua, reduciendo así los costos de la dieta.

En cuanto a los estudios en minerales, de forma similar a los de vitaminas, se basan en los efectos de las deficiencias y -- los excesos de éstos. Asimismo se puede observar una estrecha interacción de vitaminas y minerales.

g) Materias primas.

El objetivo principal de estos ensayos es encontrar los materiales más idóneos y costeables para ser suplementados en alguna dieta. Se utiliza básicamente la producción de materias primas de cada región o localidad, obteniendo resultados relativamente positivos. Sin embargo, se considera que todavía es necesaria la investigación de la digestibilidad de ingredientes -- y/o alimentos, pues existe poca información al respecto.

h) Aditivos.

El uso más frecuente de estas sustancias se da con los pigmentos, antioxidantes y antibióticos; todo esto es con la finalidad de hacer más eficientes a los alimentos.

i) Eficiencia y conversión alimenticia con relación a la dinámica de población.

Una revisión general; desde los conceptos básicos de población y su relación con la eficiencia y conversión alimenticia, que algunos investigadores confirman con mayor precisión. Se considera que el período de adaptación a un alimento nuevo es de un mes aproximadamente.

Por último se hace una mención de los métodos de alimentación más usuales. Para tomar una decisión acerca del alimento ideal, debe considerarse la presencia de varios factores: teórico, -- económico, productivo, y de ubicación; en cuanto a su utilización y resultados.

V. LITERATURA CITADA.

1. Aguilera, H.P. y Noriega, C.P.: La trucha y su cultivo. Fondepesca. México, 1988.
2. Amerio, M. y Costa, M.: Extruded feeds in rainbow trout intensive rearing. Tec. Mol., 39: 335-341 (1988) (Abst.).
3. Anónimo: El Zarco. Acuavisión, Año I, No. 1: 16-22 (1985).
4. Asgard, T.: Squid as feed for salmonids. Aquaculture, 61: 259-273 (1987).
5. Austreng, E.: Fat-containing bleaching earth as a feed constituent for rainbow trout. Aquaculture, 15: 333-343 (1978).
6. Austreng, E. and Gjefsen, T.: Fish oils with different contents of free fatty acids in diets for rainbow trout fingerlings and salmon parr. Aquaculture, 25: 173-183 (1981).
7. Austreng, E. and Krogdahl, A.: Food quality of cultured salmonid can be influenced. Feedstuffs, 59: 12-14 (1987).
8. Austreng, E.; Skrede, A. and Eldegard, A.: Digestibility of -- fat and fatty acids in rainbow trout and mink. Aquaculture, 19: 93-95 (1980).
9. Barnett, B.J.; Cho, C.Y. and Slinger, S.J.: The essentially of cholecalciferol in the diets of rainbow trout (Salmo gairdneri). Comp. Biochem. Physiol., 63: 291-297 (1979).
10. Barnett, B.J.; Jones, G.; Cho, C.Y. and Slinger, S.J.: The biological activity of 25-Hydroxycholecalciferol and 1,25-Dihydroxycholecalciferol for rainbow trout (Salmo gairdneri). ----- J. Nutr., 112: 2020-2026 (1982).
11. Barnett, B.J.; Young, C.C. and Slinger, S.J.: Relative biopotency of dietary ergocalciferol and cholecalciferol and the role of and requirement for vitamin D in rainbow trout (Salmo gairdneri). J. Nutr., 112: 2011-2019 (1982).
12. Becerril, P.R. y Velázquez, M. de la R.: Efecto de una dieta tipo vs. una dieta comercial sobre el rendimiento de la cría de trucha arcoiris (Salmo gairdneri Richardson). Tesis de licenciatura. ENEP Zaragoza, UNAM. México, D.F., 1987.
13. Bell, J.G.; Cowey, C.B.; Adron, J.W. and Shanks, A.M.: Some -- effects of vitamin E and selenium deprivation on tissue enzyme levels and indices of tissue peroxidation in rainbow trout --- (Salmo gairdneri). B.J. Nutr., 53: 149-157 (1985).

14. Bell, J.G.; Pirie, B.J.S.; Adron, J.W. and Cowey, C.B.: Some effects of selenium deficiency on glutathione peroxidase activity and tissue pathology in rainbow trout (Salmo gairdneri). B. J. Nutr., 55: 305-311 (1986).
15. Bergot, F. and Breque, J.: Digestibility of starch by rainbow trout: Effects of the physical state of starch and of the intake level. Aquaculture, 34: 203-212 (1983).
16. Boggio, S.M.; Hardy, R.W.; Babbitt, J.K. and Brannon, E.L.: The influence of dietary lipid source and alpha-tocopheryl acetate level on product quality of rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquaculture, 51: 13-24 (1985).
17. Bowen, S.H.: Dietary protein requirements of fishes. A reassessment. Can. J. Fish. Aqu. Sc., 44: 1995-2001 (1987) ---- (Abst.).
18. Bromley, P.J. and Adkins, T.C.: The influence of cellulose filler on feeding growth and utilization of protein and energy in rainbow trout (Salmo gairdneri R.). J.F. Biol., 24: 235-244 (1984).
19. Bromley, P.J. and Smart, G.: The effects of the major food categories on growth composition and food conversion in rainbow trout (Salmo gairdneri R.). Aquaculture, 23: 325-336 ---- (1981).
20. Cada, G.F.; Loar, J.M. and Cox, D.K.: Food and feeding preferences of rainbow trout and brown trout in southern Appalachian streams. Ame. Mid. Nat., 117: 374-385 (1987).
21. Castell, J.D.; Lee, D.J. and Sinnhuber, R.O.: Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (Salmo gairdneri): Lipid metabolism and fatty acid composition. J. Nutr., 102: 93-100 (1972).
22. Castell, J.D.; Sinnhuber, R.O.; Lee, D.J. and Wales, J.H.: Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (Salmo gairdneri): Physiological symptoms of EFA deficiency. ---- J. Nutr., 102: 87-92 (1972).
23. Castell, J.D.; Sinnhuber, R.O.; Wales, J.H. and Lee, D.J.: Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (Salmo gairdneri): Growth; feed conversion and some gross deficiency symptoms. J. Nutr., 102: 77-86 (1972).
24. Castledine, A.J. and Buckley, J.T.: Distribution and mobility of w3 fatty acids in rainbow trout fed varying levels and types of dietary lipids. J. Nutr., 110: 675-685 (1980).

25. Ceballos, O.M.L. y Velázquez, E.M.A.: Perfiles de la Alimentación de Peces y Crustáceos en los Centros y Unidades de -- Producción Acuícola en México. Sepesca. D.G.A., F.A.O., Pachuca, 1988.
26. Chiu, Y.N.; Austic, R.E. and Rumsey, G.L.: Effect of feeding level and dietary electrolytes on the arginine requirement - of rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquaculture, 69: 79-91 - (1988).
27. Chiu, Y.N.; Austic, R.E. and Rumsey, G.L.: Urea cycle activity and arginine formation in rainbow trout (Salmo gairdneri). J. Nutr., 116: 1640-1650 (1986).
28. Choubert, G.: Effects of starvation and feeding on canthaxanthin depletion in the muscle of rainbow trout (Salmo gairdneri Rich.). Aquaculture, 46: 293-298 (1985).
29. Choubert, G. and Blanc, J.-M.: Flesh colour of diploid and - triploid rainbow trout (Salmo gairdneri Rich.) fed canthaxanthin. Aquaculture, 47: 299-304 (1985).
30. Choubert, G. and Luquet, P.: Utilization of shrimp meal for rainbow trout (Salmo gairdneri) pigmentation. Influence of - fat content of the diet. Aquaculture, 32: 19-26 (1983).
31. Choubert, G. and Noüe, J. de la: Utilization of invertebrate biomasses for rainbow trout (Salmo gairdneri Rich.) pigmentation: Apparent digestibility of carotenoids. Archiv für Hydrobiologie, 110: 461-468 (1987) (Abst.).
32. Choubert, G. and Storebakken, T.: Dose response to astaxanthin and canthaxanthin pigmentation of rainbow trout fed various dietary carotenoid concentrations. Aquaculture, 81: -- 69-77 (1989).
33. Church, D.C. y Pond, W.G.: Fundamentos de Nutrición y Alimentación de los animales. 1a. Ed. Ed. Limusa, México, 1987.
34. Cowey, C.B.; Adron, J.W.; Walton, M.J.; Murray, J.; Youngson, A. and Knox, D.: Tissue distribution, uptake and requirement for alpha-tocopherol of rainbow trout (Salmo gairdneri) fed diets with a minimal content of unsaturated fatty acids. --- J. Nutr., 111: 1556-1567 (1981).
35. Cowey, C.B.; Cooke, D.J.; Matty, A.J. and Adron, J.W.: ----- Effects of quantity and quality of dietary protein on certain enzyme activities in rainbow trout. J. Nutr., 111: 336-345. (1981).

36. Cowey, C.B.; Deneger, E.; Tacon, A.G.J.; Youngson, A. and -- Bell, J.G.: The effect of vitamin E and oxidized fish oil on the nutrition of rainbow trout (Salmo gairdneri) grown at natural, varying water temperatures. Br. J. Nutr., 51: 443-451 (1984).
37. Craik, J.C.A. and Harvey, S.M.: Egg quality in rainbow trout: The relation between egg viability, selected aspects of egg composition and the time of stripping. Aquaculture, 40: 115-134 (1984).
38. Cravedi, J.-P.; Choubert, G. and Delous, G.: Digestibility - of chloramphenicol, oxolinic acid and oxytetracycline in --- rainbow trout and influence of these antibiotics on lipid di gestibility. Aquaculture, 60: 133-141 (1987).
39. Csirke, J.: Introducci3n a la din3mica poblacional de peces. Doc. Tec. de Pesca No. 192. F.A.O., Roma, 1980.
40. Dave, G.: Experiences with wastewater-cultured Daphnia in -- the start-feeding of rainbow trout (Salmo gairdneri). Aqua-- culture, 79: 337-343 (1989).
41. Davies, S.J.: Comparative performance of juvenile rainbow -- trout (Salmo gairdneri Richardson) fed to satiation with si- mulated "standard" and "high energy" diet formulations. ---- Aquac. Fish. Manag., 20: 407-415 (1989) (Abst.).
42. Doyuk, M.: Plant proteins supplemented with a different ---- amounts of amino acids in feeds for rainbow trout. Doga Bi-- lim Dergisi D. (V.Ve.H.), 9: 149-156 (1985).
43. Edsall, D.A.: Evaluation of starter diets for snake river -- cutthroat trout. Prog. Fish. Cult., 49: 93-95 (1987).
44. Eleraky, W.A.E.E.: Screening test to estimate the feed value of different protein sources in the feeding of trout (Salmo gairdneri Rich.). Thesis. Ludwig-Maximilians-Universit3t, -- M3nchen, German Fed. Rep.; 1983 (Abst.).
45. Ellis, W.R. and Smith, R.R.: Determining fat digestibility - in rainbow trout using a metabolic chamber. Prog. Fish. Cult., 46: 116-119 (1984).
46. Ensminger, M.E. y Olentine, C.G.: Alimentos y Nutrici3n de - los animales. El Ateneo, Buenos Aires, 1983.
47. Fauconneau, B.; Choubert, G.; Blanc, D.; Breque, J. and Lu-- quet, P.: Influence of environmental temperature on flow ra- te of foodstuffs through the gastrointestinal tract of rain- bow trout. Aquaculture, 34: 27-39 (1983).

48. Flores, M.J.: Bromatología Animal. Ed. Limusa, México, --- 1989.
49. Foss, P.; Storebakken, T.; Austreng, E. and Liaan-Jensen, S.: Carotenoids in diets for salmonids. 5. Pigmentation of rainbow trout and sea trout with astaxanthin and astaxanthin dipalmitate in comparison with canthaxantin. Aquaculture, 65: 293-305 (1987).
50. Gall, G.A.E.: Taxonomic names for northern Pacific trout. Aquaculture, 86: 1 (1990).
51. Gómez Jarabo, G.; Higuera, M. de la; Mataix, F.J.; Varela, G. y Illera, M.: La edad como factor determinante de la -- utilización nutritiva de la proteína por la trucha. Rev. - Esp. Fisiol., 35: 273-278 (1979).
52. Grumberg, J.N.; Burgos, M.W. y González, O.C.: Utilización de la proteína proveniente de subproductos agropecuarios - en la alimentación de la trucha arcoiris durante el período de alevinaje. Arch. Lat. Nut., 30: 223-234 (1980).
53. Halver, J.E.: Fish Nutrition. John E. Halver. New York, -- 1972.
54. Hanif, M.; Jamil, B.M. and Hammond, R.A.: Effects on ---- growth of rainbow trout (Salmo gairdneri) given feeds containing dried poultry waste with and without oil supple--- ments. Mal. Soc. Anim. Prod., : 187-191 (1987) (Abst.).
55. Hansen, T.: Artificial hatching substrate: Effect on yolk absorption, mortality and growth during first feeding of - sea trout (Salmo trutta). Aquaculture, 46: 275-285 (1985).
56. Hardy, R.W.; Mugrditchian, D.S. and Iwaoka, W.T.: Storage stability of lipids in a dry salmonid diet. Aquaculture, - 34: 239-246 (1983).
57. Hardy, R.W.; Shearer, K.D. and Spinelli, J.: The nutritional properties of codried fish silage in rainbow trout --- (Salmo gairdneri) dry diets. Aquaculture, 38: 35-44 (1984).
58. Heming, T.A. and Paleczny, E.J.: Compositional changes in skin mucus and blood serum during starvation of trout. --- Aquaculture, 66: 265-273 (1987).
59. Hilton, J.W.: Hypervitaminosis A in rainbow trout (Salmo - gairdneri). Toxicity signs and maximum tolerable level. -- J. Nutr., 113: 1737-1745 (1983).
60. Hilton, J.W.: Potential of freeze-dried worm meal as a replacement for fish meal in trout diets formulations. Aqua- culture, 32: 277-283 (1983).

61. Hilton, J.W.: The interaction of vitamins, minerals and -- diet composition in the diet of fish. Aquaculture, 79: 223-244 (1989).
62. Hilton, J.W.; Atkinson, J.L. and Slinger, S.J.: Effect of propylene glycol on feed digestibility and the growth and physiological response of rainbow trout. Can. J. Anim. Sci., 66: 1057-1063 (1986).
63. Hilton, J.W.; Atkinson, J.L. and Slinger, S.J.: Evaluation of the net energy value of glucose (cerelease) and maize -- starch in diets for rainbow trout (Salmo gairdneri). Br. J. Nutr., 58: 453-461 (1987).
64. Hilton, J.W.; Cho, C.Y. and Slinger, S.J.: Effect of extrusion processing and steam pelleting diets on pellet durability, pellet water absorption, and the physiological -- response of rainbow trout (Salmo gairdneri R.). Aquaculture, 25: 185-194 (1981).
65. Hilton, J.W.; Cho, C.Y.; Brown, R.G. and Slinger, S.J.: -- The synthesis, half-life and distribution of ascorbic acid in rainbow trout. Comp. Biochem. Physiol., 63A: 447-453 -- (1979).
66. Hilton, J.W. and Hodson, P.V.: Effect of increased dietary carbohydrate on selenium metabolism and toxicity in rainbow trout (Salmo gairdneri). J. Nutr., 113: 1241-1248 --- (1983).
67. Hilton, J.W.; Hodson, P.V. and Slinger, S.J.: The requirement and toxicity of selenium in rainbow trout (Salmo gairdneri). J. Nutr., 110: 2527-2535 (1980).
68. Hoz, L. de la; Ordoñez, J.A.; Asensio, M.A.; Cambero, M.I. and Sanz, B.: Effects of diets supplemented with olive oil bagasse or technical rendered fat on the apolar lipids and their fatty acid composition of trout (Salmo gairdneri) muscle. Aquaculture, 66: 149-162 (1987).
69. Hughes, S.G.: Effect of excess dietary riboflavin on growth of rainbow trout. J. Nutr., 114: 1660-1663 (1984).
70. Hughes, S.G.; Rumsey, G.L. and Nickum, J.G.: Riboflavin requirement of fingerling rainbow trout. Prog. Fish. Cult., 43: 167-172 (1981).
71. Hung, S.S.O.; Cho, C.Y. and Slinger, S.J.: Effect of oxidized fish oil, DL-alpha-tocopheryl acetate and ethoxyquin supplementation on the vitamin E nutrition of rainbow trout -- (Salmo gairdneri) fed practical diets. J. Nutr., 111: 648-657 (1981).

72. Hung, S.S.O.; Moon, T.W.; Hilton, J.W. and Slinger, S.J.: Uptake, transport and distribution of DL-alpha-tocopheryl acetate compared to D-alpha-tocopherol in rainbow trout (Salmo gairdneri). J. Nutr., 112: 1590-1599 (1982).
73. Ibrahim, G.E.S.A.: A method for estimating the value of -- certain waste animal proteins in feeding trout (Salmo -- gairdneri Rich.). Thesis, Ludwig-Maximilians-Universität, Munchen, G.F.R.; 1985 (Abst.).
74. Jayaram, M.G. and Shetty, H.P.C.: Formulation, processing and water stability of two new pelleted fish feeds. Aquaculture, 23: 335-359 (1981).
75. Jiménez, B.M.L. y Bracamontes, M.M.: Efecto de una dieta tipo con respecto a una dieta comercial sobre el rendimiento de la trucha arcoiris (Salmo gairdneri, Rich.) en el estadio juvenil. Tesis de licenciatura. ENEP Zaragoza. UNAM. México, D.F., 1987.
76. Kaitaranta, J.K.; Lammpu, R. and Linko, R.R.: Amino acid content of baltic herring and rainbow trout roe. J. Agric. Food Chem., 28: 908-911 (1980).
77. Kanid'ev, A.N.; Shmakov, N.P. and Yarzhombek, A.A.: Mineral supplements and mixtures in the feed of rainbow trout, (Salmo gairdneri). J. Icht., 26: 107-112 (1986) (Abst.).
78. Kaushik, S.J.; Medale, F.; Fauconneau, B. and Blanc, D.: Effect of digestible carbohydrates on protein/energy utilization and on glucose metabolism in rainbow trout (Salmo gairdneri R.). Aquaculture, 79: 63-74 (1989).
79. Kellems, R.O. and Sinnhuber, R.O.: Performance of rainbow trout fed gelatin bound diets of fish protein concentrate of casein containing 25 to 45 percent herring oil. Prog. Fish. Cult., 44: 131-134 (1982).
80. Ketola, H.G.: Influence of dietary zinc on cataracts in - rainbow trout (Salmo gairdneri). J. Nutr., 109: 965-969 - (1979).
81. Kiessling, A.; Johansson, L. and Storebakken, T.: Effects of reduced feed ration levels on fat content and fatty -- acid composition in white and red muscle. Aquaculture, 79: 169-175 (1989).
82. Kiessling, A.; Storebakken, T.; Asgard, T.; Anderson, I.L. and Kiessling, K.H.: Physiological changes in muscle of - rainbow trout fed different ration levels. Aquaculture, - 79: 293-301 (1989).

83. Kim, K.; Kayes, T.B. and Amundson, C.H.: Effects of dietary tryptophan levels on growth, feed/gain, carcass composition and liver glutamate dehydrogenase activity in rainbow trout (Salmo gairdneri). Comp. Biochem. Physiol. B., 88: 737-741 (1987) (Abst.).
84. Kinghorn, B.: Genetic variation in food conversion efficiency and growth in rainbow trout. Aquaculture, 32: 141-155 -- (1983).
85. Klontz, G.W.; Downey, P.C. y Focht, R.L.: Manual para la -- producción de trucha y salmón. Colegio de Bosques y Cien---cias de Vida Salvaje. Universidad de Idaho. Moscow, 1979.
86. Knox, D.; Cowey, C.B. and Adron, J.W.: Effects of dietary - copper and copper:zinc ratio on rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquaculture, 27: 111-119 (1982).
87. Knox, D.; Cowey, C.B. and Adron, J.W.: Studies on the nutri- tion of rainbow trout (Salmo gairdneri) magnesium deficien- cy; the effect of feeding with a magnesium supplemented --- diet. Br. J. Nutr., 50: 121-127 (1983).
88. Knox, D.; Cowey, C.B. and Adron, J.W.: Studies on the nutri- tion of salmonid fish. The magnesium requirement of rainbow trout (Salmo gairdneri). Br. J. Nutr., 45: 137-148 (1981).
89. Knox, D.; Cowey, C.B. and Adron, J.W.: The effect of low -- dietary manganese intake on rainbow trout (Salmo gairdneri). Br. J. Nutr., 46: 495-501 (1981).
90. Krous, S.R.; Blazer, V.S. and Meade, T.L.: Effect of accli- mation time on nitrite movement across the gill epithelia - of rainbow trout: The role of "chloride cells". Prog. Fish. Cult., 44: 126-130 (1982).
91. Langbein, S.: Evaluation of lysine, arginine, tryptophan, - methionine and cystine requirements of rainbow trout (Salmo gairdneri Richardson). Thesis, Ludwig-Maximilians-Universi- tät, München, G.F.R.; 1987 (Abst.).
92. Lanno, R.P.; Slinger, S.J. and Hilton, J.W.: Maximum tolera- ble and toxicity levels of dietary copper in rainbow trout (Salmo gairdneri Richardson). Aquaculture, 49: 257-268 ---- (1985).
93. Lee, D. and Putnam, G.B.: The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diets. J. Nutr., -- 103: 916-922 (1973).

94. Leitritz, E.: Cultivo de trucha. Bowden, Fisheries Research, New York, 1976.
95. Lin, R.J.; Rivas, R.J.; Nishioka, R.S.; Gordon, G. and Bern, H.A.: Effects of feeding triiodothyronine (T3) on thyroxin (T4) levels in the steelhead trout (Salmo gairdneri). Aquaculture, 45: 133-142 (1985).
96. Luquet, P.; Cravedi, J.P.; Choubert, G.; Tulliez, J. and Bo ries, G.: Long-term ingestion by rainbow trout of saturated hydrocarbons: Effect of n-paraffins, pristane and dodecylcy clohexane on growth, feed intake, lipid digestibility and - canthaxanthin deposition. Aquaculture, 34: 15-25 (1983).
97. March, B.E.; Macmillan, C. and Ming, F.: Techniques for eva luation of dietary protein quality for the rainbow trout -- (Salmo gairdneri). Aquaculture, 47: 275-292 (1985).
98. Marking, L.L.; Bills, T.D. and Crowther, J.R.: Effects of - five diets on sensitivity of rainbow trout to eleven chemi- cals. Prog. Fish. Cult., 46: 1-5 (1984).
99. Masumoto, T.; Hardy, R.W. and Casillas, E.: Comparison of - transketolase activity and thiamin pyrophosphate levels in erythrocytes and liver of rainbow trout (Salmo gairdneri) as indicators of thiamin status. J. Nutr., 117: 1422-1426 --- (1987).
100. Medland, T.E. and Beamish, F.W.H.: The influence of diet -- and fish density on apparent heat increment in rainbow ---- trout (Salmo gairdneri). Aquaculture, 47: 1-10 (1985).
101. Meggison, P.A.; Redman, R.G. and Foster, C.K.: Advances in the nutrition of salmonoids. Rec. Adv. Anim. Nutr. Austr- alia: 207-213 (1989).
102. Ming, F.W.: Ammonia excretion rate as an index for compa- ring efficiency of dietary protein utilization among rain- bow trout (Salmo gairdneri) of different strains. Aquacul- ture, 46: 27-35 (1985).
103. Mork, O.: Growth of three salmonid species in mono and dou- ble culture (Salmo salar L., S. trutta L. and S. gairdneri Rich.). Aquaculture, 27: 141-147 (1982).
104. Murray, A.P. and Marchant, R.: Nitrogen utilization in --- rainbow trout (Salmo gairdneri Richardson) fed mixed micro- bial biomass. Aquaculture, 54: 263-275 (1986).
105. Noüe, J. de la and Choubert, G.: Apparent digestibility of invertebrate biomasses by rainbow trout. Aquaculture, 50: 103-112 (1985).

106. Noüe, J. de la and Choubert, G.: Digestibility in rainbow - trout: Comparison of the direct and indirect methods of mea^usurement. Prog. Fish. Cult., 48: 190-195 (1986).
107. N.R.C. Nutrient requirements of trout, salmon and catfish. National Research Council, Washington, D.C., 1973.
108. N.R.C. Nutrient requirements of coldwater fishes. National Academy Press., Washington, D.C., 1981.
109. N.R.C. Nutrient requirements of warmwater and shell fishes. National Academy Press., Washington, D.C., 1983.
110. Oberbach, H. and Hartfiel, W.: Effects of diets high in polyenoic acids with supplemented with different amounts of - alpha-tocopherol and selenium on rainbow trout (Salmo gairdneri). Fett. Wiss. Tech., 89: 195-199 (1989) (Abst.).
111. Oberbach, H.; Totovic, V. and Hartfiel, W.: Effect of differing degrees of oxidation of dietary fat on vitamin E and - selenium requirements of rainbow trout (Salmo gairdneri R.) Fett. Wiss. Tech., 91: 148-153 (1989) (Abst.).
112. Olascoaga, J.C.: Bromatología de los alimentos industrializados. Ed. Fco. Méndez Hdez., México, 1981.
113. Opstvedt, J.; Miller, R.; Hardy, R.W. and Spinelli, J.: --- Heat-induced changes in sulfhydryl groups and disulfide --- bonds in fish protein and their effect on protein and amino acid digestibility in rainbow trout (Salmo gairdneri). --- J. Agric. Food Chem., 32: 929-935 (1984).
114. Orbe, M.A.: Lineamientos para la investigación en Acuacultura, en: Los recursos pesqueros del país. Sepesca, I.N.P., -- 1a. Ed., México, 1988.
115. Orbe, M.A. y Cepeda, G.H.: Gufa práctica para el cultivo de la trucha (Salmo gairdneri). Sepesca, D.G.A., México, 1984.
116. Ostrowsky, A.C. and Garling, D.L.: Dietary androgen-estrogen combinations in growth promotion in fingerling rainbow trout. Prog. Fish. Cult., 48: 268-272 (1986).
117. Papoutsoglou, S.E.; Papaparaskeva-Papoutsoglou, E. y Alexis, M.N.: Effect of density on growth rate and production of -- rainbow trout (Salmo gairdneri Rich.) over a full rearing period. Aquaculture, 66: 9-17 (1987).
118. Pérez, S.L.A.: Piscicultura: Ecología, explotación, higiene. El Manual Moderno, México, 1982.

119. Phillips, A.M.: Trout Feeds and Feeding, Manual of Fish -- Culture. B.V. Wash., New York, 1970.
120. Pieper, A. and Pfeffer, E.: Studies on the effect of in--creasing proportions of sucrose of gelatinized maize starch in diets for rainbow trout (Salmo gairdneri R.) on the utilization of dietary energy and protein. Aquaculture, 20: -- 333-342 (1980).
121. Plakas, S.M.; Lee, T.C.; Wolke, R.E. and Meade, T.L.: ---- Effect of Maillard browning reaction on protein utilization and plasma aminoacid response by rainbow trout (Salmo gairdneri). J. Nutr., 115: 1589-1599 (1985).
122. Plantikow, A. and Plantikow, H.: Alanine aminopeptidase --- (AAP) activity in the midgut of rainbow trout (Salmo gairdneri R.): The influence of feed quantity and quality, temperature and osmolarity. Aquaculture, 48: 261-276 (1985).
123. Poston, H.A. and Mc Cartney, T.H.: Effect of dietary biotin and lipid on growth, stamina, lipid metabolism and biotin -- containing enzymes in brook trout (Salvelinus fontinalis). - J. Nutr., 104: 315-322 (1974).
124. Poston, H.A. and Rumsey, G.L.: Factors affecting dietary requirement and deficiency signs of L-tryptophan in rainbow -- trout. J. Nutr., 113: 2568-2577 (1983).
125. Poston, H.A. and Wolfe, M.J.: Niacin requirement for optimum growth, feed conversion and protection of rainbow trout (Salmo gairdneri Richardson), from ultraviolet-B irradiation. -- J. Fish Dis., 8: 451-460 (1985).
126. Pouliot, T. and Noüe, J. de la: Apparent digestibility in -- rainbow trout (Salmo gairdneri): Influence of hypoxia. Can. J. Fish. Ac. Sc., 45: 2003-2009 (1988).
127. Prieto, H.F.: Desarrollo tecnológico de la alimentación acuifcola en México. Memorias del 2º Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Talleres Gráficos de la Nación, México, D.F., - 1980.
128. Prunet, P. and Boeuf, G.: Plasma prolactin level during --- transfer of rainbow trout (Salmo gairdneri) and Atlantic salmon (Salmo salar) from fresh water to sea water. Aquaculture, 45: 167-176 (1985).
129. Refstie, T. and Austreng, E.: Carbohydrate in rainbow trout diets. III. Growth and chemical composition of fish from different families fed four levels of carbohydrate in the diet. Aquaculture, 25: 35-49 (1981).

130. Reinitz, G.: Acceptability of animal fat in diets for rainbow trout at two environmental temperatures. Prog. Fish Cult., 42: 218-22 (1980).
131. Reinitz, G.: Evaluation of sodium bentonite in practical diets for rainbow trout. Prog. Fish Cult., 45: 100-102 (1983).
132. Reinitz, G.: Growth and survival of lake trout fed experimental starter diets. Prog. Fish Cult., 42: 100-102 (1980).
133. Reinitz, G.: Influence of diet and feeding rate on the performance and production cost of rainbow trout. J. Am. Fish S., 112: 830-833 (1983).
134. Reinitz, G.: Performance of rainbow trout as affected by amount of dietary protein and feeding rate. Prog. Fish Cult., 49: 81-86 (1987).
135. Reinitz, G.: Protein dispersibility index (PDI) as a quality control measure for soy flour used in brown started feed. Prog. Fish Cult., 46: 161-164 (1984).
136. Reinitz, G.: Relative effect of age, diet and feeding rate on the body composition of young rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquaculture, 35: 19-27 (1983).
137. Reinitz, G.: Soybean meal as a substitute for herring meal in practical diets for rainbow trout. Prog. Fish Cult., 42: 103-106 (1980).
138. Reinitz, G.: Supplementation of rainbow trout starter diets with proteolytic enzymes formulas. Feedstuffs, 55: 18 (1983).
139. Reinitz, G.: The effect of nutrient dilution with sodium bentonite in practical diets for rainbow trout. Prog. Fish Cult., 46: 249-253 (1984).
140. Reinitz, G. and Yu. T.C.: Effects of dietary lipids on growth and fatty acid composition of rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquaculture, 22: 359-366 (1981).
141. Roberts, R.J.: Patología de los peces. Mundi-Prensa, Madrid, 1981.
142. Roberts, R.J. y Shepherd, C.J.: Enfermedades de la trucha y el salmón. Acribia, Zaragoza, 1980.
143. Roch, M. and Maly, E.J.: Relationship of cadmium-induced hypocalcemia with mortality in rainbow trout (Salmo gairdneri) and the influence of the temperature on toxicity. J. Fish. Res. Board Can., 36: 1297-1303 (1979).

144. Rodríguez, G.M.: Efecto de algunos alimentos sobre el crecimiento de crías y juveniles de trucha arcoiris (Salmo gairdneri Richardson). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F., 1975.
145. Roley, D.D.: The effect of diet protein level, feeding level and rearing water temperature on the growth and reproductive performance of rainbow trout broodstock. Diss. --- Abst. Int., 44: 961-B (1983).
146. Rosas, M.M.: Peces dulceacuícolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo. Area: Alimentos No. 1, 1a. Ed. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, A.C., México, D.F., 1976.
147. Rubín, R.: La piscifactoría. Cría industrial de peces de agua dulce. CECSA, México, D.F., 1984.
148. Rumsey, G.L.; Cacace, M.; Zall, R.R. and Lisk, D.J.: Dairy-processing wastes as a replacement protein source in diets of rainbow trout. Prog. Fish Cult., 43: 86-88 (1981).
149. Rumsey, G.L.; Page, J.W. and Scott, M.L.: Methionine and cysteine requirements of rainbow trout. Prog. Fish Cult., 45: 139-143 (1983).
150. Rungruangsak, K. and Utne, F.: Effect of different acidified wet feeds on protease activities in the digestive tract and on growth rate of rainbow trout (Salmo gairdneri Richardson). Aquaculture, 22: 67-79 (1981).
151. Rychly, J.: Nitrogen balance in trout. II. Nitrogen excretion and retention after feeding diets with varying protein and carbohydrate levels. Aquaculture, 20: 343-350 (1980).
152. Sadasivam, J.K. and Luquet, P.: Influence of bacterial protein incorporation and of sulphur amino acid supplementation to such diets on growth of rainbow trout (Salmo gairdneri -- Richardson). Aquaculture, 19: 163-175 (1980).
153. Sadler, S.E.; Friars, G.W. and Ihssen, P.E.: The influence of temperature and genotype on the growth rate of hatchery-reared salmonids. Can. J. Anim. Sci., 66: 599-606 (1986).
154. Schulz, D.; Goerlich, R.; Hartfiel, W. and Greuel, E.: Comparative studies with rainbow trout (Salmo gairdneri R.) on the feeding value of a conventional finely ground soyabean meal and an antigen-free soya product. Zeit. Tierphy. Tierer. Futter., 53: 199-207 (1985) (Abst.).

155. Secretaría de Pesca: Glosario de Términos de Acuicultura. 1a. Ed. Sepesca, México, D.F., 1988.
156. Secretaría de Pesca: Manual técnico para el cultivo de la trucha arcoiris. Sepesca, México, D.F., 1982.
157. Secretaría de Pesca: Pescados y Mariscos de las Aguas Mexicanas. Catálogo. 1a. Ed. Sepesca, México, D.F., 1989.
158. Sergeeva, N.T.; Zhdanov, Y.I.; Lempert, O.T. and Pisareva, N.A.: Effect of essential fatty acids and vitamins in the feed RGM-5V on metabolism in the rainbow trout. Rybnoe Khozyaistvo, 8: 41-44 (1987) (Abst.).
159. Shearer, K.D. and Asgard, T.: Availability of dietary magnesium to rainbow trout as determined by apparent retention. Aquaculture, 86: 51-61 (1990).
160. Shearer, K.D. and Hardy, R.W.: Phosphorus deficiency in rainbow trout fed a diet containing deboned fillet scrap. Prog. Fish Cult., 49: 192-197 (1987).
161. Shimada, A.S.: Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México; I.N.I.P., México, D.F., 1983.
162. Smith, G.R. and Stearley, R.F.: The classification and scientific names of rainbow and cutthroat trouts. Fishes, 14: 4-10 (1989).
163. Smith, R.R.; Peterson, M.C. and Allred, A.C.: Effect of leaching on apparent digestion coefficients of feedstuffs for salmonids. Prog. Fish Cult., 42: 195-199 (1980).
164. Smith, R.R.; Rumsey, G.L. and Scott, M.L.: Heat increment associated with dietary protein, fat, carbohydrate and complete diets in salmonids: Comparative energetic efficiency. J. Nutr., 108: 1025-1032 (1978).
165. Smith, R.R.; Rumsey, G.L. and Scott, M.L.: Net energy maintenance requirements of salmonids as measured by direct calorimetry: Effect of body size and environmental temperature. J. Nutr., 108: 1017-1024 (1978).
166. Spannhof, L. and Plantikow, H.: Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout. Aquaculture, 30: 95-108 (1983).
167. Spinelli, J.; Houle, C.R. and Wekell, J.C.: The effect of phytates on the growth of rainbow trout (Salmo gairdneri) fed purified diets containing varying quantities of calcium and magnesium. Aquaculture, 30: 71-83 (1983).

168. Springate, J.R.C. and Bromage, N.R.: Effects of egg size on early growth and survival in rainbow trout (Salmo gairdneri Richardson). Aquaculture, 47: 163-172 (1985).
169. Steffens, W.: Protein utilization by rainbow trout (Salmo gairdneri) and carp (Cyprinus carpio): A brief review. --- Aquaculture, 23: 337-345 (1981).
170. Stevenson, J.P.: Manual de cría de la trucha. Ed. Acribia, Zaragoza, 1985.
171. Storebakken, T.: Binders un fish feeds. I. Effect of alginate and guar gum on growth, digestibility, feed intake and passage through the gastrointestinal tract of rainbow trout. Aquaculture, 47: 11-26 (1985).
172. Storebakken, T. and Austreng, E.: Binders in fish feeds. II. Effect of different alginates on the digestibility of macronutrients in rainbow trout. Aquaculture, 60: 121-131 (1987).
173. Storebakken, T. and Austreng, E.: Feed intake measurements - in fish using radio active isotopes. I. Experiments with --- rainbow trout in freshwater. Aquaculture, 70: 269-276 (1988).
174. Tacon, A.G.J.; Stafford, E.A. and Edwards, C.A.: A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbricid worms for rainbow trout. Aquaculture, 35: 187-199 (1983).
175. Teskeredzic, Z.; Teskeredzic, E. and Halnar, L.: High mortality of rainbow trout (Salmo gairdneri) in yugoslavian fish farms caused by inadequate feed quality. Aquaculture, 79: 391-395 (1989).
176. Timoshina, L.A.; Mikhailova, E.N. and Brabova, N.G.: Efficiency of utilization by year-old trout of feeds with different amounts of fat and methionine. Rybnoe Khozyaistvo, 12: 29-31 (1985) (Abst.).
177. Timoshina, L.A.; Mel'nikova, A.G.; Mikhailova, E.N.; Tolmachev, B.A. and Bocharnikov, I.G.: Use of feed 5rf for rearing two-year-old trout. Rybnoe Khozyaistvo, 3: 37-39 ---- (1987) (Abst.).
178. Torrissen, O.J.: Pigmentation of salmonids: Factors affecting carotenoid deposition in rainbow trout (Salmo gairdneri). -- Aquaculture, 46: 133-142 (1985).
179. Torrissen, O.J.: Pigmentation of salmonids: Interactions of - astaxanthin and canthaxanthin deposition in rainbow trout. - Aquaculture, 79: 363-374 (1989).

180. Torrissen, O.; Tidemann, E.; Hansen, F. and Raa, J.: Ensilaging in acid - A method to stabilize astaxanthin in --- shrimp processing by -products and improve uptake of this pigment by rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquaculture, 26: 77-83 (1982).
181. Trzebiatowski, R.; Filipiak, J. and Jakubowski, R.: ---- Effect of stock density on growth and survival of rainbow trout (Salmo gairdneri Rich.). Aquaculture, 22: 289-295 - (1981).
182. Tucker, B.W.: Studies on vitamin C metabolism in rainbow trout. Diss. Abst. Int., 44: 962-B (1983).
183. Tucker, J.W.: Growth of juvenile spotted seatrout on dry feeds. Prog. Fish Cult., 50: 39-41 (1988).
184. Ulla, O. and Gjedrem, T.: Number and length of pyloric -- caeca and their relationship to fat and protein digestibility in rainbow trout. Aquaculture, 47: 105-111 (1985).
185. Vázquez, H.M. y Avilés, Q.S.: Guía práctica de Nutrición y elaboración de dietas balanceadas para trucha arcoiris. -- Sepesca, Pachuca, 1987.
186. Velázquez, P.G.: Manual técnico para la operación de centros acuícolas productores de trucha (Salmo gairdneri). - Sepesca, México, D.F., 1988.
187. Velázquez, E.M.A. y Espinosa, H.M.R.: Diagnósis del estado actual del cultivo de trucha arcoiris en México. 1a. - Ed. Sepesca, México, D.F., 1989.
188. Vergara, V.: Requerimientos nutricionales de la trucha. - Acuavisión, Año 11, No. 6: 15-16, 21-23 (1987).
189. Walton, M.J.; Cowey, C.B. and Adron, J.W.: Effects of bio tin deficiency in rainbow trout (Salmo gairdneri) fed --- diets of different lipid and carbohydrate content. Aqua-- culture, 37: 21-38 (1984).
190. Walton, M.J.; Cowey, C.B. and Adron, J.W.: Methionine metabolism in rainbow trout fed diets of differing methionine and cystine content. J. Nutr., 112: 1525-1535 (1982).
191. Walton, M.J.; Coloso, R.M.; Cowey, C.B.; Adron, J.W. and Knox, D.: The effects of dietary tryptophan levels on --- growth and metabolism of rainbow trout (Salmo gairdneri). Br. J. Nutr., 51: 279-287 (1984).

192. Wekell, J.C.; Shearer, K.D. and Gauglitz, E.J.: Zinc supplementation of trout diets: Tissue indicators of body - zinc status. Prog. Fish Cult., 48: 205-212 (1986).
193. Wekell, J.C.; Shearer, K.D. and Houle, C.R.: High zinc supplementation of rainbow trout diets. Prog. Fish Cult., - 45: 144-147 (1983).
194. Westers, H.: Feeding levels for fish fed formulated diets. Prog. Fish Cult., 49: 87-92 (1987).
195. Wiesman, D. and Pfeffer, E.: Influence of indigestible -- carbohydrates on the efficiency of utilization of dietary energy and protein in growing rainbow trout. (Salmo gairdneri R.). Arch. Anim. Nutr., 36: 1145-1149 (1986) (Abst.).
196. Wojno, T.: Use of greaves for feeding of rainbow trout -- (Salmo gairdneri Rich.). Roczniki Nauk Rolniczych, Seria H., 101: 115-128 (1987) (Abst.).
197. Woodward, B.: Riboflavin requirement for growth, tissue - saturation and maximal flavin-dependent enzyme activity - in young rainbow trout (Salmo gairdneri) at two temperatu res. J. Nutr., 115: 78-84 (1985).
198. Woodward, B.: Riboflavin supplementation of diets for --- rainbow trout. J. Nutr., 112: 908-913 (1982).
199. Woodward, B.: Sensitivity of hepatic D-amino acid oxidase and glutathione reductase to the riboflavin status of the rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquaculture, 34: 193-201 (1983).
200. Woodward, B.; Young, L.G. and Lun, A.K.: Vomitoxin in --- diets for rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquaculture, - 37: 21-38 (1984).
201. Zendejas, H.J.: Recomendaciones para alimentación de peces con raciones balanceadas. Sepesca, México, D.F., 1987.
202. Zúñiga, M.A.A.: Empleo de la harina de pupa de mosca (Cochliomyia hominivorax), como fuente de proteína en la fase de cría de la trucha arcoiris (Salmo gairdneri). Tesis de licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM. México, D.F., 1988.