

# FALLA DE ORIGEN

18  
Zey

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

Z A R A G O Z A

C.H.E.P. - ZARAGOZA - U.N.A.M.



DIVISION DE CIENCIAS  
QUIMICO-BIOLÓGICAS  
COORDINACIÓN DE BIOLÓGIA  
CAMPO 2

EVALUACION DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LOS  
ALIMENTOS COMERCIALES PARA LA ENGORDA DE  
TRUCHA ARCO-IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN  
JAULAS FLOTANTES EN LA PRESA DE  
SANTA ANA TZACUALA, HIDALGO.

ENERO DE 1995



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

EVALUACION DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LOS

ALIMENTOS COMERCIALES PARA LA ENGORDA DE

TRUCHA ARCO-IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN

JAULAS FLOTANTES EN LA PRESA DE

SANTA ANA TZACUALA, HIDALGO.

T E S I S

Que para obtener el título de

B I O L O G O

presenta

Antonio Porfirio Jiménez Ventura

Asesores:

BIÓL. Juan Ricardo Juárez Palacios

M. en C. Armando Cervantes Sandoval

BIÓL. J. Salvador Hernández Avilés

BIÓL. L. Samuel Lince Ponce

BIÓL. Ernesto Mendoza Vallejo

México, D. F., 1995

**CONTENIDO****PAGINAS**

<b><i>I</i></b> <b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b><i>II</i></b> <b>Antecedentes</b> .....	<b>4</b>
<b><i>III</i></b> <b>Objetivos</b> .....	<b>10</b>
<b><i>IV</i></b> <b>Descripción de la Zona de Estudio</b> ...	<b>11</b>
<b><i>V</i></b> <b>Material y Método</b> .....	<b>16</b>
Trabajo de campo .....	<b>16</b>
Trabajo de laboratorio .....	<b>21</b>
Trabajo de gabinete .....	<b>22</b>
<b><i>VI</i></b> <b>Resultados</b> .....	<b>28</b>
Análisis del agua .....	<b>28</b>
Diseño experimental 1 ( Ensayo de alimentación ) .....	<b>33</b>
Diseño experimental 2 ( Ensayo de densidad ) .....	<b>38</b>
Análisis bromatológico .....	<b>42</b>
Análisis histopatológico .....	<b>45</b>
Análisis estadístico .....	<b>46</b>
<b><i>VII</i></b> <b>Discusión de Resultados</b> .....	<b>50</b>
Análisis del agua .....	<b>50</b>
Diseño experimental 1 ( Ensayo de alimentación ) .....	<b>51</b>
Diseño experimental 2 ( Ensayo de densidad ) .....	<b>55</b>
Análisis bromatológico .....	<b>57</b>
Análisis histopatológico .....	<b>61</b>
Análisis estadístico .....	<b>61</b>
<b><i>VIII</i></b> <b>Conclusiones y Sugerencias</b> .....	<b>63</b>
<b><i>IX</i></b> <b>Literatura Citada</b> .....	<b>65</b>

**INDICE DE CUADROS****PAGINAS**

CUADRO 1 : PARAMETROS POBLACIONALES DEL ENSAYO DE ALIMENTACION .....	34 y 35
CUADRO 2 : PARAMETROS NUTRICIONALES CONVENCIONALES DEL ENSAYO DE ALIMENTACION .....	38
CUADRO 3 : PARAMETROS POBLACIONALES DEL ENSAYO DE DENSIDAD .....	39
CUADRO 4 : PARAMETROS NUTRICIONALES CONVENCIONALES DEL ENSAYO DE DENSIDAD .....	42
CUADRO 5 : ANALISIS PROXIMAL DE LOS ALIMENTOS PRUBADOS PARA LA ENGORDA DE TRUCHA ARCO-IRIS DE LOS ENSAYOS DE: ALIMENTACION Y DENSIDAD .....	43
CUADRO 6 : ANALISIS PROXIMAL DE PECES FINALES DE TRUCHA ARCO-IRIS DE LOS ENSAYOS DE: ALIMENTACION Y DENSIDAD .....	45
CUADRO 7 : ANALISIS DE VARIANZA ( MODELO COMPLETAMENTE AL AZAR ) .....	47
CUADRO 8 : COMPARACIONES MULTIPLES ( MODELO DE LA DIFERENCIA MINIMA SIGNIFICATIVA MODIFICADA ) .....	48 y 49
CUADRO 9 : COMPARACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA PARA TRUCHA ARCO-IRIS .....	51
CUADRO 10 : COMPARACION DE TRABAJOS REALIZADOS EN JAULAS FLOTANTES CON TRUCHA ARCO-IRIS EN MEXICO .....	56
CUADRO 11 : COMPARACION TEORICA PRACTICA DE LOS ALIMENTOS BALANCEADOS PARA LA ENGORDA DE TRUCHA ARCO-IRIS .....	59
CUADRO 12 : COMPARACION TEORICA PRACTICA DE LOS NUTRIENTES PARA LA ENGORDA DE TRUCHA ARCO-IRIS .....	60

## INDICE DE FIGURAS

## PAGINAS

FIGURA 1 : LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO .	12
FIGURA 2 : VIAS DE ACCESO A LA PRESA DE SANTA ANA TZACUALA .....	13
FIGURA 3 : DISPOSICION DEL TENDIDO EXPERIMENTAL EN JAULAS FLOTANTES .....	18
FIGURAS:	
( 4A ) Comportamiento de la Temperatura.....	29
( 4B ) Comportamiento del oxígeno disuelto .....	30
( 4C ) Comportamiento del potencial de hidrógeno .....	31
( 4D ) Comportamiento de la visibilidad al disco de Secchi .....	32
FIGURA 5 : CURVAS DE CRECIMIENTO EN PESO DE TRUCHA ARCO-IRIS DEL ENSAYO DE ALIMENTACION .....	36
FIGURA 6 : CURVAS DE CRECIMIENTO EN PESO DE TRUCHA ARCO-IRIS DEL ENSAYO DE DENSIDAD .....	41

## **A G R A D E C I M I E N T O S**

Al Biólogo J. Ricardo Juárez Palacios, por las facilidades brindadas sin el cual no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

Al Dr. Carlos Martínez Palacios y la Dr. Cristina Chávez de Martínez por el apoyo incondicional durante el proyecto.

Al Ing. Jaime Almazan de la Rosa por las facilidades prestadas para la elaboración del trabajo.

Mi sincera gratitud a la Delegación Federal de Pesca en el Estado de Hidalgo, muy en especial al Biólogo J. Alejandro Vega Moctezuma.

Al C. Ernesto Gonzales Canales y familia por todas las atenciones brindadas para la realización de este trabajo. Sin la cual no hubiera sido posible la realización del mismo.

Hago patente mi más profundo y sincero reconocimiento por la revisión del trabajo y los acertados comentarios a los asesores:

Biól. J. Salvador Hernández Avilés

Biól. L. Samuel Campos Lince

M. en C. Armando Cervantes Sandoval

Biól. Ernesto Mendoza Vallejo

Biól. Juan Ricardo Juárez Palacios

## **RESUMEN**

Se realizaron dos ensayos para evaluar el crecimiento de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la presa de Santa Ana Tzacuala perteneciente al municipio de Acaxochitlán en el Estado de Hidalgo durante los meses de julio a octubre de 1988. En este ensayo se determinó la calidad de diferentes alimentos a través de parámetros nutricionales convencionales y se evaluaron diferentes densidades de carga.

Se emplearon cinco alimentos balanceados, cuatro de marcas diferentes disponibles en la región y una dieta experimental para la engorda de trucha arco iris con densidad de carga de 30 org/m<sup>3</sup>. Al mismo tiempo, se probaron 3 capacidades de carga diferentes: 35, 45 y 55 org/m<sup>3</sup>, con suministro de alimento balanceado de la marca "El Pedregal".

Los alimentos utilizados fueron comparados por medio de análisis de varianza con diseño completamente al azar y mediante comparaciones múltiples ( D. M. S. M. ) para establecer si existían diferencias significativas entre ellos.

Los mejores resultados se registraron con la dieta del Cinvestav en cuanto a los parámetros nutricionales y poblacionales se refiere. Seguido de las marcas de Albamex y Pedregal que brindan una posibilidad a ponderar.

La densidad óptima se logró con el tratamiento de 45 org/m<sup>3</sup> a pesar de haber llegado al término del ensayo con sólo 36 org/m<sup>3</sup>, debido a que la mortalidad influyó de manera decisiva durante el desarrollo del experimento.

En el ensayo de alimentación se utilizaron organismos de 64 g de peso promedio inicial, mientras que en el ensayo de densidad se emplearon peces de 88 g. En ambas pruebas se alcanzó la talla comercial de 250 g con periodo experimental de 89 días, obteniendo rendimientos promedio de 6.33 y 8.81 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente.

## I INTRODUCCION

El cultivo de organismos acuáticos bajo condiciones controladas brindan una alternativa valiosa para la producción de alimentos con alto contenido de proteína. Estos se caracterizan por una elevada producción de carne en volúmenes de agua reducidos. Debido al valor nutritivo de la trucha arco iris, al dominio de su biotecnia y a la rentabilidad de su cultivo, es la especie de aguas dulceacuicolas que más se cultiva a nivel mundial ( Aguilera y Noriega, 1986 ).

El cultivo de peces en jaulas flotantes es una alternativa que existe en los cuerpos de agua como una forma de optimización de los recursos e incremento del rendimiento en el mínimo de espacio posible ( Ayala y Pereida, 1983 ). La técnica de jaulas flotantes facilita una rápida adaptación del cultivo en sus diferentes modalidades, intensivo y semintensivo en embalses que no son aprovechados desde el punto de vista piscícola, tal es el caso de ríos, presas, canales de riego, lagos etc., presentando ventajas sobre los estanques tradicionales como los de concreto, ya que pueden ser colocadas en cuerpos de aguas lentícos y/o lótcas, depósitos naturales o artificiales, sin que requieran de instalaciones costosas o infraestructura sofisticada (SEPESCA, 1981). Así mismo, permite mantener bajo cultivo poblaciones de peces hasta alcanzar la talla comercial de 250 a 300 gramos para el caso de la trucha arco-iris, en un volumen de agua determinado, donde haya libre circulación y exista la posibilidad de utilizar alimento balanceado ( Coche, 1976 ).

El cultivo de salmónidos en particular el de la trucha arco iris ( *Oncorhynchus mykiss* ) en México, es una actividad que a pesar de no tener gran impacto en el volumen total de la producción acuacultural representa una importante fuente de ingresos, y como tal la práctica de dicho cultivo ha venido en aumento en los últimos años. Sin embargo, aún existen varios factores que frenan el desarrollo sostenido de la truiticultura; entre estos, la nutrición y la sanidad juegan un papel fundamental.

Es necesario enfatizar que la nutrición juega un papel importante en el crecimiento y desarrollo óptimo de los organismos, así mismo, también influye en la madurez de los órganos sexuales. A través de investigaciones y experimentaciones se ha logrado determinar con precisión los requerimientos nutricionales de la trucha arco-iris ( *Oncorhynchus mykiss* ), ya que es de vital importancia utilizar alimentos

que cubran las necesidades nutricionales de la especie durante el cultivo, pues de esto dependerá la buena calidad del producto cosechado y sobre todo de la producción final la cual se haya planeado ( Huet, 1983 ).

El alimento representa hasta el 40 o 60% de los costos de operación en acuicultura ( Klontz *et al.*, 1985 ) por lo que suministrar una ración adecuada, que cubra los requerimientos nutricionales de la especie y que además tenga el más bajo costo posible es el reto más grande, con que tiene que enfrentarse el fabricante de alimentos balanceados para peces ( Zendejas, 1987).

Si bien el fabricante tiene conciencia de la problemática de los balanceados que produce para organismos acuáticos, también es cierto que la industria pecuaria en México, ha girado en torno a la elaboración de alimento para aves, cerdos y ganado principalmente; consecuentemente no se le ha prestado mucha atención a estas especies, lo que en un momento dado justifica que los fabricantes de alimentos no asignen recursos para la optimización de las dietas para peces ( Tacón, 1985).

A pesar de que la Secretaría de Pesca cuenta con más de 49 centros acuícolas, en los que se podría evaluar la calidad de los alimentos balanceados y consecuentemente la rentabilidad de su uso, actualmente no ha tenido lugar una actividad sistematizada al respecto debido a la falta de recursos humanos y materiales dentro de los mismos. Tampoco se cuenta con un programa de abasto de alimento balanceado, excretas, esquilmos y otro tipo de suministros, lo que muchas veces trae como consecuencia disminución en la producción y además la nutrición y la tecnología de alimentos para organismos acuáticos son áreas de la acuicultura poco desarrolladas en nuestro país. Por lo que el desarrollo y rentabilidad del cultivo intensivo de peces, depende, invariablemente de la obtención de dietas comerciales que satisfagan los requerimientos esenciales de nutrientes, y que además sean diseñados en cantidades recomendadas para asegurar el buen crecimiento de los organismos bajo cultivo ( CAICYT, 1987 ).

Cabe mencionar, que se desconoce si los requerimientos nutricionales de las especies acuáticas cultivadas en México están siendo cubiertos con los alimentos disponibles en el mercado. De hecho, se requiere evaluar la eficiencia del alimento utilizado para conocer que rendimientos se pueden alcanzar.

Los peces mantenidos en cultivos intensivos tienen acceso prácticamente nulo al alimento natural, por lo que dependen del suministro de una dieta completa desde el punto de vista nutricional. En el caso de los salmónidos existen enfermedades nutricionales asociadas a la mala calidad del alimento empleado o bien al inadecuado manejo de la especie. A pesar que a nivel mundial es una de las especies dulceacuícolas que más atención han recibido, en México se han registrado diversas condiciones patológicas relacionadas a la desnutrición, es por ello que al término del periodo experimental se pretende llevar a cabo la revisión sanitaria con el objetivo de detectar la posible aparición de alguna patología como las que a continuación se

mencionan: escoliosis, lordosis, cataratas, erosión de aletas, degeneración lipóide, exoftalmía, y hemorragias en aletas o en la piel.

Los reportes de la producción esperada para 1988 de trucha arco-iris en sistemas de cultivo intensivo en jaulas flotantes en el Estado de Hidalgo mencionan que los rendimientos promedio varían de 15-25 kg/m<sup>2</sup> los cuales pertenecen al sector social, con duración del cultivo de entre 8 y 10 meses ( Espinoza y Velázquez, 1989 ). Así mismo cuenta con características ambientales adecuadas tales como: aguas frías, clima templado húmedo con temperatura media anual de entre 12 y 18 °C para cultivar esta especie ( García, 1980 ). En algunas regiones como: Pachuca y Tulancingo se puede encontrar disponibilidad de alimento balanceado para cultivar esta especie, sin embargo, el abasto inoportuno y los resultados de crecimiento desalentadores que proporcionan estos productos ocasiona retrasos en el cultivo y la aparición de algunas enfermedades se hacen presentes relacionadas con la desnutrición.

En la presa de Santa Ana Tzacuala actualmente se cultiva trucha arco-iris en jaulas flotantes empleando diferentes marcas de alimento, de los cuales se desconoce su eficiencia, así como los rendimientos piscícolas obtenidos a partir de su suministro. Por tal motivo se pretende realizar la evaluación de la calidad del alimento con la finalidad de conocer cuales de estos son los mejores desde el punto de vista nutricional y del crecimiento de las poblaciones icticas en cultivo.

En el presente estudio se probaron cuatro marcas diferentes de alimento para el engorde de trucha arco-iris, disponibles en el mercado y una dieta experimental; al mismo tiempo fueron evaluadas tres capacidades de carga diferentes utilizando alimento balanceado de la marca el " pedregal ".

## II ANTECEDENTES

Beveridge ( 1986 ) menciona que al igual que la mayoría de los demás tipos de acuicultura, el cultivo de jaulas procede del sureste de Asia, aunque se cree que su origen es relativamente reciente ( Ling, 1977 ). Al parecer, este método de cultivo se ha desarrollado independientemente en al menos dos países. Según Pantalu (1979) las primeras noticias del cultivo de jaulas procede de Kampuchea, donde los pescadores de la región del gran lago criaban bagres del genero *Clarias* y otros peces en jaulas y cestos de bambú o junco, hasta que estaban listos para transportarlos al mercado. Durante su cautividad, los peces, a los que se alimentaba con restos de las comidas, crecían satisfactoriamente. Este método tradicional de cultivo se ha venido practicando desde finales de siglo pasado y hoy en día esta extendido por toda la zona del bajo Mekong, donde en los últimos años se ha propagado a Viet Nam, Tailandia y otros países de Indochina.

Un tipo similar de cultivo, con el empleo de jaulas flotantes de bambú para criar alevines de *Leptobarbus neoveni* procedentes de aguas naturales, se ha practicado en el lago Mundung, Jambi, Indonesia desde 1922 ( Reksaleroga, 1979 ) y posteriormente se ha extendido a otras partes del sur de Sumatra. Otra forma de cultivo en jaulas parece haber tenido su origen independiente en Java, donde Vaas y Sachlan ( 1957 ) hallaron que la captura y encierro de carpas en jaulas sumergidas de bambú o "bulian" venían practicandose desde principios de los años cuarenta. Las jaulas solían anclarse al fondo en cursos pequeños de agua, enriquecidos con material orgánico, y las carpas encerradas en ellas se alimentaban de materiales orgánicos y organismos bentónicos arrastrados por el agua. Este método de cultivo, sin embargo, se limita casi exclusivamente al oeste de Java y Sumatra (Sodikin, 1977) y ha tenido poca influencia en los métodos de cultivo en jaulas utilizados en otros países.

Coche ( 1976 ) reporta que las especies más comunmente criadas en jaulas flotantes figuran:

- 1) En aguas dulces: *Ciprinus carpio*, *Pangasius spp.*, *Siluris glanis*, *Clarias spp*, *Ictalurus punctatus* y *Ophicephalus spp.*
- 2) En aguas salobres: *Seriola spp*, *Salmo spp* y *Oncorhynchus spp.*

Los tipos de jaulas utilizados en piscicultura pueden clasificarse en tres grupos:

- a) Jaulas que emergen en la superficie y descansan sobre el fondo, ocupando, por tanto toda la columna de agua.
- b) jaulas flotantes en la superficie.
- c) jaulas sumergidas, bien flotando entre dos aguas o descansando sobre el fondo.

Lo ideal es que las jaulas sean poco costosas, duraderas y fáciles de manipular. Estos criterios en cualesquiera de los casos se atienden en diversas formas en distintas partes del mundo; según los materiales de que se dispone localmente, el tipo de cultivo de que se trata y las inversiones que son posibles de acuerdo con las condiciones económicas locales.

Los piensos utilizados para la piscicultura varían desde materias primas obtenidas localmente hasta piensos granulados bien equilibrado desde el punto de vista nutricional. La mayor parte de la alimentación se realiza a mano, pero va en aumento el empleo de alimentadores mecánicos. El ritmo de crecimiento para trucha arco-iris es de 100 gramos en cuatro meses. En lo referente a los costos necesarios para el cultivo de trucha en jaulas, la parte mayor corresponde a los piensos (60%), seguidos por la mano de obra (13.5%), las instalaciones (8%), los gastos de funcionamiento (7.5%) y los peces para semilla (6.5%).

Concluyó que existe la tecnología básica necesaria para el diseño y construcción de jaulas; la dificultad para introducir el cultivo en jaulas en nuevas zonas consiste en adaptar la tecnología a la situación local.

Flores (1986), describe las ventajas de la implementación del sistema "raching" en combinación con el cultivo de jaulas flotantes con trucha arco-iris, donde se logró optimizar el uso del recurso hidrológico donde se lleva acabo el cultivo. Incrementando la producción hasta en un 5% del rendimiento total de la unidad trutícola a partir de la liberación de organismos en el embalse.

En México, a partir de 1974 fueron registrados los primeros antecedentes de utilización de esta técnica, cultivando por primera vez anguilas (*Anguilla rostrata*, Le Sucu) en jaulas flotantes y posteriormente con las tres especies de tilapia con que se cuenta actualmente: *Oreochromis nilotica*, *Oreochromis mossambicus* (Peters) y *Oreochromis melanopleura* (Dumerille) (SEPECSA, 1981).

En México son 9 las entidades federativas en donde se desarrollan cultivos intensivos, semintensivos y extensivos de trucha arco-iris, destacando: Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Mex., Michoacan, Oaxaca, Puebla y Veracruz. En la actualidad el cultivo en jaulas se efectúa en un volumen total de 5944 m<sup>3</sup>, al estado de Hidalgo le corresponden el 11.10 % con 13 jaulas flotantes y 664 m<sup>3</sup>. En este tipo de

sistemas, exceptuando a Puebla y Durango donde se obtienen los rendimientos más bajos que son de 7.40 y 3.90 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente; en los estados restantes, el rendimiento es superior a los 15 kg/m<sup>3</sup> ( Espinoza y Velázquez, 1989).

Durante 1988 la revista **Progressive Fish Culturist** publicó una nota editorial reportando cambios taxonómicos en los nombres científicos de la truchas de Norteamérica. Fueron mostradas nuevas evidencias ante la Sociedad Americana de peces, la cual aceptó el nombre genérico de **Oncorhynchus** como el más apropiado para el genero **Salmo**. Un problema dividido ha involucrado el nombre específico de trucha arco-iris, que actualmente es designado como **Salmo gairdneri**. Los taxonomistas creen ahora que esta especie y la trucha Kamchatkan de Asia (**Salmo mykiss**) forman una misma especie, por lo que nomenclaturalmente mykiss es prioritario. Por tanto, el nombre científico de la trucha arco-iris fue cambiado por **Oncorhynchus mykiss**, mientras que los nombres comunes continúan sin cambios (Kendall, 1988). En adelante se citará indistintamente de cualquiera de las dos formas dependiendo del año de publicación.

La trucha arco-iris (**Salmo gairdneri**) es una especie eminentemente carnívora, entomófaga, con tendencias ictiófagas. Las dietas que se emplearon en los inicios de la truticultura, consistían principalmente de los órganos y vísceras de los animales de sangre caliente, pero dado su elevado costo se tuvo la necesidad de mezclar desperdicios de los órganos más baratos como: pescado fresco y forrajes secos, induciendo de esta manera hacia una dieta omnívora de esta especie. A través de investigar y experimentar se ha determinado con precisión los requerimientos nutricionales de esta especie, y en la actualidad se elaboran alimentos comerciales de varias marcas dedicadas a la elaboración de este producto. Los alimentos peletizados ( granulados ) para la trucha aparecieron en el mercado en la década de los años cuarenta. Eran incompletos nutricionalmente hablando por lo que se hacía necesario incluir algún suplemento de carne una o dos veces por semana. En la actualidad las fórmulas han sido mejoradas al grado de llegar a constituir alimentos perfectamente balanceados. La mayor parte de los criaderos comerciales emplean exclusivamente este tipo de alimento desde que el alevín inicia su alimentación hasta el momento de su cosecha. Por razones de economía, facilidad de alimentación, el alimento balanceado representa el mejor programa de alimentación concebido hasta hoy (Aguilera y Noriega, 1986).

Reyes *et al.* ( 1986 ) realizaron una evaluación del crecimiento de trucha arco-iris tomando en cuenta tres variables: densidad (92 organismos por metro cúbico), alimento (Albamex y Alver) y ración alimentaria para el cultivo de trucha arco-iris en jaulas flotantes de 6m<sup>3</sup> de capacidad en la laguna de Quechulac en el Estado de Puebla. Se obtuvieron rendimientos de 9.4 kilogramos/ metro cúbico / 6 meses, con pesos iniciales de 100 gramos en promedio.

Ecoplaneación S.A., ( 1984 ) elaboró un proyecto de factibilidad técnica, económica y financiera para establecer una granja comercial de ciclo completo para el

cultivo de trucha arco-iris en jaulas flotantes en la presa de Santa Ana Tzacuala en el Estado de Hidalgo. En este se propuso utilizar densidades de 72 peces/m<sup>3</sup> lo que representa una producción anual de 1.7 toneladas/64m<sup>3</sup> de capacidad sin llegar a consolidarse dicho proyecto, debido principalmente a problemas con la temperatura del agua. Actualmente el embalse es utilizado para el engorde de trucha arco-iris a cargo de la Sociedad de Producción Rural de Zacacuatlá, apoyada por la Delegación Federal de Pesca del Estado. La unidad trufícola cuenta con una sala de incubación rústica con 7 tinas rectangulares de metal de 1 metro cúbico y 12 jaulas flotantes de 48 m<sup>3</sup> de capacidad utilizando densidades de 25 peces/m<sup>3</sup>, con rendimientos de 300 Kg/jaula/8 meses; lo que representa un logro aproximado del 40% de lo proyectado inicialmente.

En estudios realizados con trucha arco-iris reportaron que la cantidad óptima de proteína en la dieta, es de 35 a 40% (Kanecko et al., 1969), (Mann, 1969), (Wurzel, 1969), (Steffens et al., 1973), (Steffens, 1981), (Satia, 1974) y (Twies et al., 1976) en Dabrowska et al., 1977. Bryant et al. (1980), recomienda del 35 a 40% de proteína en el alimento para salmónidos.

En investigaciones realizadas sobre nutrición con trucha arco-iris se encontraron, que los ácidos grasos de la serie w3 son esenciales para el mantenimiento de una buena salud y la promoción del rápido crecimiento. (Lee et al., 1967), (Castellet et al., 1972), (Yu et al., 1972) y (Watanabe et al., 1975), en Yu et al., 1979. Yu et al., (1975), en Yu et al., 1976 reportan que los ácidos grasos de la serie w6 inhiben el crecimiento de esta especie, cuando estos se encuentran presentes por arriba del 1% de la dieta; posteriormente detectaron crecimientos pobres con dietas de:

a) Deficiencia en ácidos grasos de la serie w3 con menos del 1%

b) Concentraciones altas de ácidos grasos de la serie w6 (mayor del 1%), y concentraciones bajas de ácidos grasos de la serie w3 (menor de 1%).

Y crecimientos altos con dietas de:

a) concentración alta de ácidos grasos de la serie w3 (mayor del 1%).

b) concentración baja de ácidos grasos de la serie w6 (menor del 1%) y concentraciones altas de ácidos grasos de la serie w3 (mayor del 1%). La dieta con 5% de ácidos grasos de la serie w3, mostró uno de los más rápidos crecimientos, la mortalidad fue mínima en todos los lotes experimentales de peces, incluyendo aquellos alimentados con concentraciones altas de ácidos grasos de la serie w6. Los resultados experimentales, indican que la trucha arco-iris alimentada con una dieta del 10% de lípidos presento un máximo crecimiento, cuando los lípidos componentes son abundantes en ácidos grasos de la serie w3 y bajos en ácidos grasos de la serie w6.

Bryant et al. (1980), recomienda de 9 a 11% de lípidos en la dieta para esta especie.

Los estudios realizados por Maclaren et al., ( 1946 ), en Refstie et al., (1981) recomendaron menos del 20% de carbohidratos en la dieta. Philips et al., en Refstie et al., 1981 recomiendan un nivel máximo de 12% de carbohidratos donde los peces fueron encontrados sanos. Kitamikado et al., (1964), Neuhaus et al., (1969), Nose et al., ( 1971 ) y Spannhof et al., ( 1977 ) en Spannhof et al., ( 1983 ) demostraron que comparado con otros animales los peces tienen la desventaja de llevar a cabo una pobre digestibilidad de carbohidratos. Sing et al., (1967) y Neuhaus et al., (1969), en Spannhof et al., ( 1983 ) y Smith ( 1971 ), en Edwards et al., (1977) investigaron que no todos los carbohidratos son igualmente absorbidos por el pez, siendo el grado de polimerización el factor mas importante sobre la digestibilidad de este nutriente; de tal forma que la trucha arco-iris presenta su mayor eficiencia de absorción con monosacáridos. ( Cowey et al., 1972 ), en Edwards et al., 1977. Determinaron que esta especie tiene cierta habilidad para la utilización de carbohidratos como fuente de energía. Bryant et al., ( 1980 ) recomendaron la adición de 30 a 35% de carbohidratos totales y de 1 a 5% de fibra en la elaboración de dietas para esta especie.

Austreng *et al.* (1977 ), probaron diferentes porcentajes de carbohidratos como energía metabolizante, encontraron los mejores resultados en los tratamientos de 17 y 25%, en cuanto a crecimiento y eficiencia de conversión del alimento se refiere. Los peces alimentados con el nivel del 17% mostraron crecimiento promedio mayor que aquellos alimentados con el 25% ; indicando que el nivel óptimo de este nutriente en la dieta, puede ser menor del 17%, sin embargo, la diferencia de peso entre estos dos tratamientos no fue significativa.

Bryant *et al.* (1980 ), demostraron que fue posible que los elementos minerales requeridos en mayor proporción pueden encontrarse en cantidades limitadas, lo cual ocurre con el fósforo; así mismo las dietas comerciales raramente contienen de 9 a 11% de minerales como ceniza, por lo que deberá limitarse la ceniza a un 10% en la dieta.

Refstie ( 1977 ) probó 5 densidades diferentes con dos repeticiones durante tiempo experimental de 222 días, con un período inicial de alimentación de 42 días y subsecuentemente un período de crecimiento de 180 días. Asimismo, durante 55 días fueron colocados con la misma densidad ( 300 peces/tanque ). Reportó que los peces alimentados en densidades bajas crecían mejor que aquellos alimentados en densidades altas, con diferencias en la tasa de crecimiento particularmente evidentes entre los 60 y 120 días. La compensación del crecimiento ocurrió cuando las densidades fueron homogeneizadas. Concluyó que la tasa de crecimiento es considerablemente afectada por la densidad.

Trzebiatowski, *et al.* ( 1981 ) comparó el efecto de 4 densidades ( 33, 66, 133, y 200 org/m<sup>3</sup> ) en el crecimiento y sobrevivencia de trucha arco-iris ( *Salmo gairdneri* Rich. ) en jaulas flotantes de 4.5 m<sup>3</sup> de capacidad, durante 147 días experimentales. Los resultados mostraron que la producción de peces y la ganancia en peso por metro cúbico, así como, la tasa de conversión del alimento incrementan con la densidad. La tasa de crecimiento individual y la mortalidad fueron inversamente proporcional a la densidad. Los rendimientos alcanzados variaron de 35 a 170 kg/m<sup>3</sup> dependiendo de la densidad utilizada. Determina que el ciclo de producción de los peces comerciales puede ser reducido si se aprovecha el agua fría durante el cultivo.

Papoutsoglu *et al.* ( 1987 ) trabajó con cinco densidades diferentes: 31, 94, 156, 250, y 312 org/m<sup>3</sup> en "race ways" durante 365 días, bajo condiciones de producción comercial, sin reemplazo de organismos. El objetivo que investigó fue determinar la densidad de cultivo efectiva y económicamente más conveniente durante un período de cultivo en las condiciones prevaletientes de Grecia. La tasa de crecimiento más baja se logró en las densidades altas. El factor de conversión del alimento y el costo de alimento consumido por kilogramo de biomasa producido se elevan en densidades altas. La tasa de crecimiento específico, la tasa de eficiencia proteica y el porcentaje de retención de proteína disminuyen con el incremento de la densidad. Concluye que si bien las densidades altas disminuyen la tasa de crecimiento, la elección apropiada de la densidad depende del peso final cosechado.

Holm, *et al.* (1990 ) comparó tres densidades diferentes: 1325, 2075, y 3575 org/m<sup>3</sup> con un diseño experimental considerando el remplazo de los organismos muertos y tres regímenes de alimentación diferentes: continuamente, cada/10min, y cada/hora. El objetivo fue evaluar la interacción entre la densidad y la disponibilidad del alimento, donde probó que incrementando la frecuencia de alimentación puede particularmente compensar la fuerte competencia y el número de agresiones presentes en densidades altas, y por consiguiente obtener mejores tasas de crecimiento. La tasa de crecimiento disminuyó significativamente con las densidades más altas e idénticos regímenes de alimentación. Concluye que los efectos de la densidad en el crecimiento en densidades extremas del cultivo de trucha arco iris puede ser compensadas por los regímenes de alimentación. Sin embargo, la disponibilidad continua del alimento no puede compensar totalmente la disminución del crecimiento. Esto puede deberse a otros estres y a efectos de interacción con tendencias a disminuir la alimentación y la tasa de eficiencia proteica.

### **III OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar cuantitativamente y cualitativamente la eficiencia de cinco alimentos balanceados, cuatro de estos de marcas comerciales diferentes y una dieta experimental para la etapa de engorde de trucha arco-iris ( *Oncorhynchus mykiss* ) hasta alcanzar la talla comercial de 250 gramos en jaulas flotantes, estimando los parámetros de calidad del agua más importantes para la población ictica en cultivo.

#### **OBJETIVOS PARTICULARES**

Determinar la efectividad de los alimentos suministrados a partir de la tasa de crecimiento mediante parámetros nutricionales. Así como la posible ocurrencia de enfermedades nutricionales.

Establecer la calidad del alimento utilizado mediante la realización de análisis proximal.

Estimar parámetros físicos y químicos del agua en la zona de ubicación de las jaulas experimentales interpretando su influencia en los organismos cultivados.

Determinar estadísticamente el efecto de la variación del alimento y la densidad en el incremento en peso, factor de conversión del alimento y la tasa de eficiencia proteica de trucha arco-iris.

#### **IV DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO**

El Estado de Hidalgo se localiza en la región sureste del altiplano Mexicano en la zona centro sur del país; esta limitada al norte por los estados de Querétaro y San Luis Potosí, al este por los estados de Veracruz y Puebla, al sur por los estados de México y Tlaxcala. El área de estudio se ubica al sur del Estado de Hidalgo y se denomina subregión Tulancingo, la cual esta integrada por 5 municipios: Acatlán, Acaxochitlán, Cuauhtepic, Santiago Tulantepec y Tulancingo; con altitud promedio de 2,255.4 m. s. n. m.. El embalse se localiza entre los paralelos 20° 12' 24" latitud norte 98° 15' 32" longitud oeste, con altitud de 2200 m. s. n. m. ( S. P. P., 1982 ) **fig 1.**

#### **Vías de Comunicación**

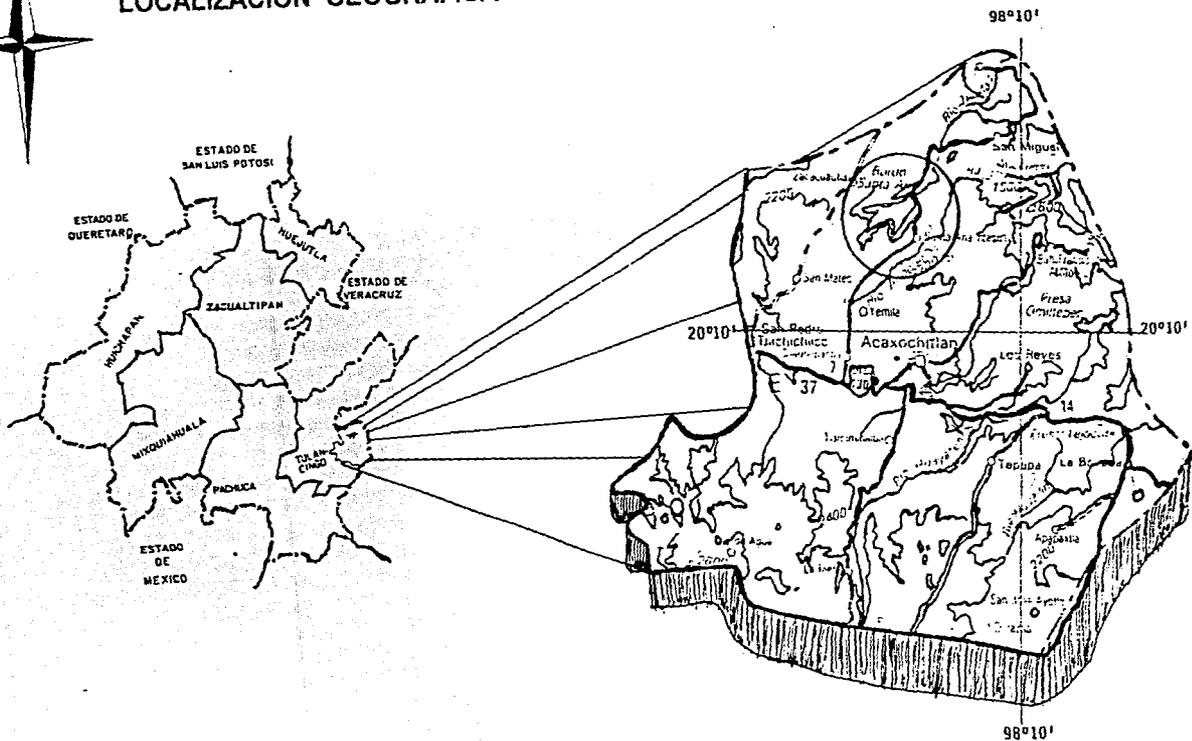
Existen dos caminos de acceso para llegar a la presa de Santa Ana Tzacuala, perteneciente al municipio de Acaxochitlán:

1) A 24 Km al noroeste de la ciudad de Tulancingo, de los cuales 16 Km pertenecen a la carretera México - Tuxpan, y los 8 Km restantes son de terracería en buen estado para transitar hacia la comunidad de Honey.

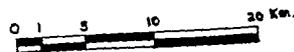
2) Se sigue la ruta de la carretera México - Tuxpan a 7 Km antes de llegar al municipio de Acaxochitlán existe una desviación a la comunidad de Santa Ana Tzacuala, después de 8 Km de terracería se encuentra la presa que lleva el nombre de la comunidad **fig 2.**

FIGURA (1)

LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO



PRESA DE SANTA ANA TZACUALA



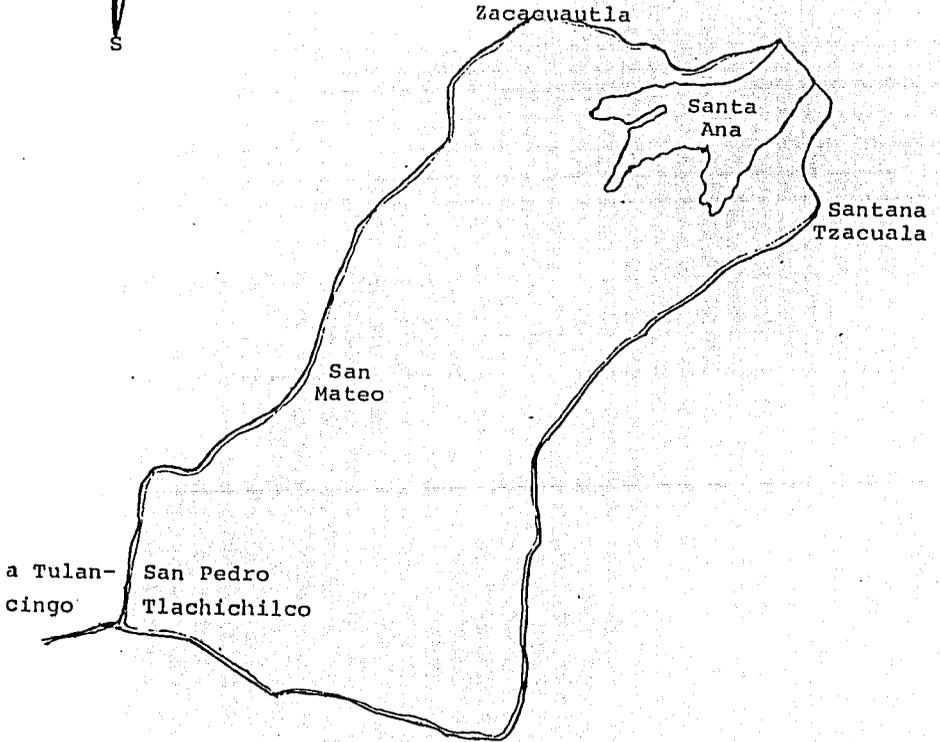
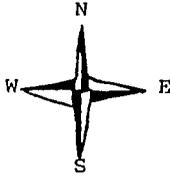
1 : 200 000



FIGURA ( 2 )

VIAS DE ACCESO A LA PRESA DE SANTA ANA

TZACUALA MPIO. DE ACAXOCHITLAN HGO.



Escala 1 : 50 000

## **Orografía**

El sistema orográfico de la región es continuación de la Sierra Madre Oriental, con altitudes superiores a los 2000 m. s. n. m. la cual se distribuye a lo largo de 3 municipios: Acatlán, Acaxochitlán y Tulancingo.

## **Hidrología**

La región Tulancingo esta conformada por 4 presas, 1 laguna, 6 ríos y 3 arroyos; de los cuales destaca la presa de Santa Ana Tzacuala y el río Almoloya cuya área drenada es de 792 km<sup>2</sup>.

## **Clima**

Según la modificación a la clasificación climática de Köpen realizada por García, (1983), el clima es de tipo: C ( W<sub>2</sub> ) ( W ) b ( i ) g. La cual se traduce de la siguiente manera: El clima es templado húmedo con temperatura media anual de entre 12 y 18 °C y la del mes más frío entre -3 y 18 °C. El más húmedo de los templados subhúmedos con lluvia en verano. Humedad ( p / t / > ), porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la anual. Verano fresco largo con temperatura media, del mes más caliente entre 6.5 y 22 °C . Oscilación anual de temperaturas medias mensuales entre 5 y 7 °C. Marcha de temperaturas tipo ganges con el mes más caliente del año antes de junio.

La precipitación media anual registrada en la estación climatológica Trinidad - Chila - Honey es de 1855.2 mm, la cual se distribuye a lo largo del año en dos periodos más o menos definidos:

1) Período de lluvias que abarca aproximadamente 6 meses de junio a noviembre durante los cuales se precipitan 1518.6 mm, equivalente al 81.8 % del total anual. Esta precipitación se presenta mal distribuida en forma torrencial.

2) Período de sequías que abarca 6 meses de diciembre a mayo en el cual se precipitan 336.6 mm que representan el 18.2 % del total anual ( Dir. Plan. Com. Estudios del Territorio y Planeación, 1970 )

### **Vegetación**

Rzedowzky, (1983) clasifica la vegetación de la región en bosque de encino y coníferas, principalmente. Los bosques de encino son comunidades vegetales muy características de las zonas montañosas de México. De hecho, junto con los pinares constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de zonas con clima templado y semihúmedo; los encinares guardan relaciones complejas con los pinares, con los cuales comparte afinidades ecológicas generales, por lo que son muy frecuentes en el país como bosques mixtos de *Quercus* y *Pinus*. De tal forma que en la región encontramos una vegetación predominante a base de coníferas, localizándose plantas de la familia Pinacidae como el ciprés ( *Cupressus thurifera* ), cedro ( *Juniperus mexicana* ), etc., de la familia Ranunculaceae y de las Fagaceae, el encino ( *Quercus crassifolia* ), de la Olaceae como el fresno ( *Fraxinus potosina* ).

### **Suelo**

Existen varios tipos de suelo que integran esta región: Cambisol, Fluvisol y Vertisol, este tipo de asociación se encuentra principalmente distribuido en los municipios de Acatlán, Acaxochitlán y Tulancingo. De este tipo de suelos destacan el Cambisol, que se caracteriza por presentar poca materia orgánica, el horizonte es variable de color claro a oscuro y permeable.

## **V MATERIAL Y METODO**

El presente ensayo de alimentación y densidad se realizó en las instalaciones de la unidad de producción trutícola, registrada como la figura asociativa: Sociedad de Producción Rural de Zacacuatlá, ubicada en la presa de Santa Ana Tzacuala. La especie con la cual se trabajó fue trucha arco-iris proveniente del Sector de Producción piscícola de San Miguel Regla, perteneciente al municipio de Huasca de Ocampo del Estado de Hidalgo.

Para lograr los propósitos de este trabajo fue dividido en tres etapas:

### **1) Trabajo de campo**

#### **1.- Construcción de jaulas experimentales**

Se construyeron un total de 21 jaulas experimentales de forma cúbica con dimensiones de 1 X 1 X 1 metros, con un volumen total de 1 metro cúbico. De las cuales 15 fueron utilizadas para el ensayo de alimentación y 6 para el ensayo de densidad.

Estas fueron armadas con material de "pvc" de 25 mm de diámetro utilizando red de nylon alquitranado para las caras laterales y el fondo, previamente tratadas con salmuera durante 24 horas para desinfectarlas. En la cara superior del cubo, se utilizó red de plástico de 1 cm de luz de malla, sujeta por cuatro postes de tubo de "pvc" de media pulgada de diámetro, colocados en los extremos de las jaulas dejando alrededor de 30 cm de separación entre la superficie del agua y la malla. Con auxilio de aguja de metal e hilo cáñamo se cosieron todos los extremos del corral evitando dejar huecos para evitar la fuga de peces. Este diseño permitió que los peces al momento de darles de comer tuvieran el suficiente espacio para saltar y atrapar el alimento, de tal

forma que el "pellet" nunca tocara la superficie del agua y por consiguiente no hubiera pérdidas de este.

## **2.- Disposición de las jaulas experimentales**

Las jaulas fueron colocadas en línea paralela al litoral de la presa, ya que de esta forma presentaban menor superficie de contacto, es decir, menor resistencia al oleaje y al viento. Estas fueron fijadas con ayuda de un cable de polietileno de 1.7 cm de grosor que a su vez, estaba sujeta a dos postes de madera previamente colocados en los extremos del embalse, separadas equidistantemente a una distancia de 1.5 metros. Para la nivelación de las jaulas experimentales se emplearon plomos (rocas de diferente tamaño), cuando fue necesario **fig. 3**.

## **3.- Transporte y siembra de organismos experimentales**

Se transportaron un total de 3,000 crías de trucha arco-iris pertenecientes a una misma población, estas se trasladaron desde el Sector de Producción piscícola de San Miguel Regla, ubicado en el municipio de Huasca de Ocampo del Estado de Hidalgo. El empaque de peces se realizó en bolsas de plástico calibre 250 con 20 litros de agua aproximadamente con inyección de oxígeno, agregando trozos de hielo en su interior para disminuir la temperatura y por consiguiente el metabolismo de los organismos durante el transporte.

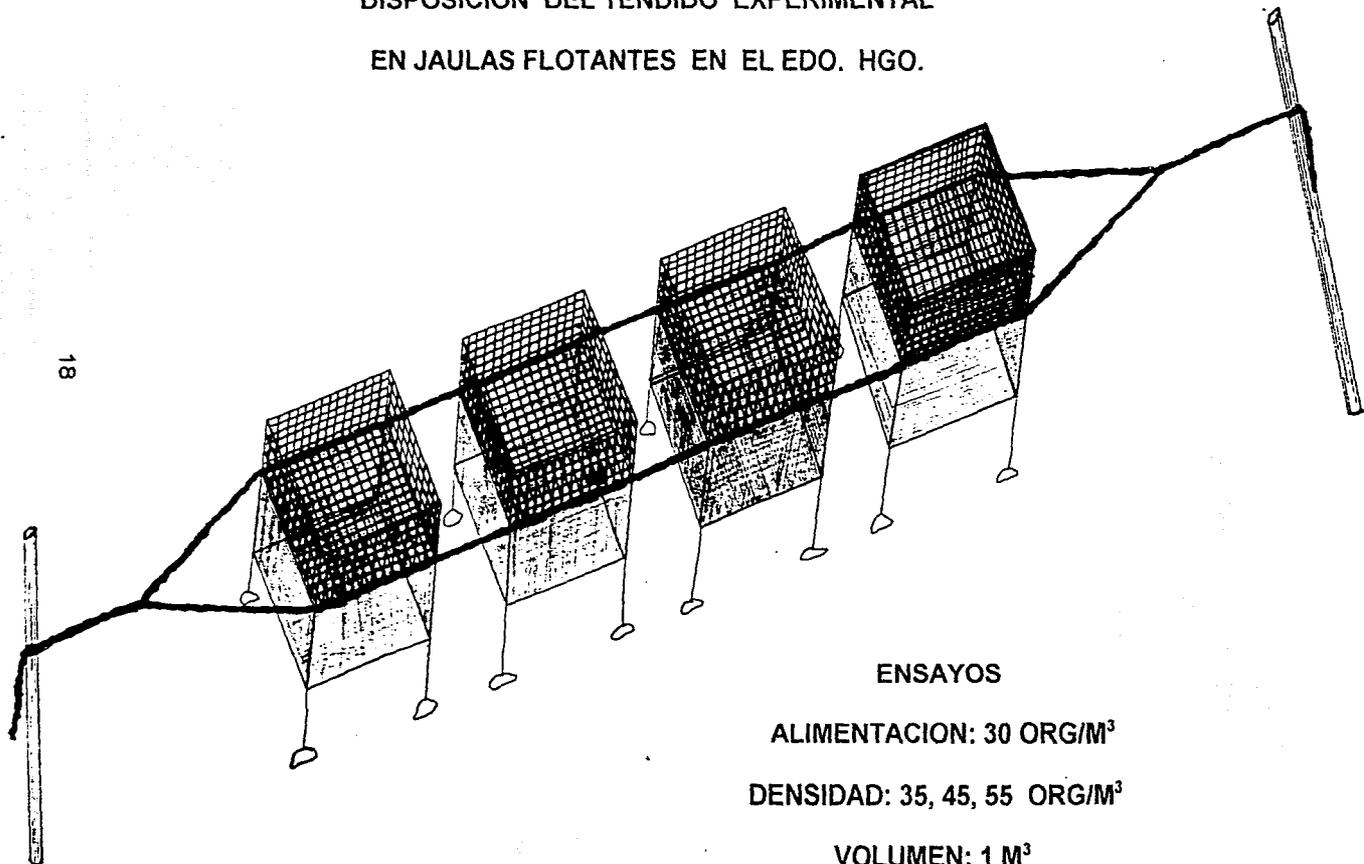
Posteriormente, una vez aclimatados durante 15 días, se procedió a seleccionar peces de tamaño y coloración uniforme que no presentaban malformaciones o defectos externos, principalmente. Únicamente fueron sembrados 855 organismos con longitud promedio de 12 cm y peso promedio de 76 g para los dos ensayos: alimentación y densidad, los restantes fueron utilizados por la unidad trutícola.

FIGURA ( 3 )

CULTIVO DE TRUCHA ARCO-IRIS

DISPOSICION DEL TENDIDO EXPERIMENTAL

EN JAULAS FLOTANTES EN EL EDO. HGO.



ENSAYOS

ALIMENTACION: 30 ORG/M<sup>3</sup>

DENSIDAD: 35, 45, 55 ORG/M<sup>3</sup>

VOLUMEN: 1 M<sup>3</sup>

#### 4.- Frecuencia de alimentación y alimento balanceado

La cantidad de alimento utilizado a lo largo del periodo experimental fue distribuido en 4 raciones al día, cada una de estas a saciedad cada 3 horas, empezando a las 8:00 A.M. ( Klontz *et al*, 1985 ) y ( Zendejas, 1987 ). Unicamente se interrumpió el suministro de alimento los días que se efectuaron los muestreos, cabe destacar, que solamente se empleó alimento que no excedía los 60 días de elaborado. Las marcas de alimento balanceado disponibles en el mercado fueron las siguientes: Albamex, Hacienda, Pedregal y Purina, así mismo, se probó una dieta experimental elaborada en el laboratorio de acuacultura del CINVESTAV, unidad Mérida. Todos estos para la etapa de engorda de trucha:

<b>DIETA EXPERIMENTAL ( CINVESTAV )</b>	
<b>FORMULACION PARA LA ENGORDA DE TRUCHA ARCO IRIS</b>	
<b>EN JAULAS FLOTANTES EN EL ESTADO DE HIDALGO</b>	
<b>INGREDIENTES UTILIZADOS</b>	<b>PORCENTAJE ( % )</b>
<b>HARINA DE PESCADO</b>	<b>44.12</b>
<b>HARINA DE SOYA</b>	<b>32.31</b>
<b>ALMIDON</b>	<b>10.90</b>
<b>ACEITE DE PESCADO</b>	<b>7.54</b>
<b>ACEITE DE SOYA</b>	<b>0.13</b>
<b>CARBOXIMETHIL CELULOSA</b>	<b>2.00</b>
<b>MEZCLA DE VITAMINAS</b>	<b>2.00</b>
<b>MEZCLA DE MINERALES</b>	<b>1.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

La dieta fue diseñada para obtener una relación proteínica/grasa ( 45:12 % ), con una proporción de 7 de aceite de pescado contra 1 de aceite vegetal .

El diseño estuvo a cargo del Dr. Carlos A. Martínez Palacios, investigador del CINVESTAV Mérida.

## **5.- Muestreos poblacionales**

Las biometrías se realizaron periódicamente, para el ensayo de alimentación cada 15 días y para el ensayo de densidad cada 20 días. En ambos monitoreos se registró la siguiente información: peso promedio, ganancia en peso, alimento suministrado, y mortalidad. Para la determinación del peso se utilizó una balanza granataria marca "OHAUS" con capacidad de 2.10 Kg y precisión de más menos un gramo, las muestras se tomaron al azar con una red de cuchara de plástico de forma circular de 30 cm de diámetro; los peces de cada jaula experimental se pesaron en pequeños lotes dentro de un recipiente de plástico con agua, previamente tarada, contando el número de organismos colocadas en cada caso, obteniéndose el peso promedio de ese grupo. Al final del muestreo se calculó el peso promedio de cada jaula, durante estos, se trabajó con apoyo de una lancha de fibra de vidrio de 4 metros de eslora, sujeta a la línea de flotación.

Simultáneamente, se realizó la limpieza de las jaulas, manejando los organismos lo más rápido posible, evitando al máximo el "stress" de los peces, ya que esta especie es muy susceptible y por consiguiente se muere muy fácilmente.

## **6.-Monitoreos de parámetros físicos y químicos del agua**

El análisis de calidad del agua se llevó a cabo cada semana, determinando en cada caso lo siguiente:

- a) Oxígeno disuelto en el agua por el método de Winkler con la modificación del azida de sodio ( A. P. H .A., 1965 ).
- b) pH con un potenciómetro de campo, marca Photovolt con una precisión  $\pm 0.1$
- c) Temperatura con un termómetro con escala de  $-10$  a  $150^{\circ}$  C, con precisión de  $\pm 1$  grado.
- d) Transparencia con el disco de Secchi.

Cabe mencionar, que la toma de muestra de agua fue determinada en un sólo punto del tendido experimental, alrededor de 30 cm por debajo de la superficie de agua.

## **2) Trabajo de laboratorio**

### **1.- Análisis químico del alimento y peces.**

Se tomaron muestras de 10 g de alimento y peces, utilizando las siguientes técnicas de laboratorio ( A. O. A. C., 1984 ).

a) El porcentaje de ceniza se obtuvo quemando la muestra en la mufla a una temperatura de 450 °C durante 12 horas.

b) Los lípidos por el método de Soxhlet, utilizando éter de petróleo como disolvente.

c) El contenido de humedad se realizó por medio del secado de las muestras a 165 °C en el horno durante 24 horas.

d) La obtención de fibra se logró empleando el sistema Fibertec Tecator 1020.

e) La proteína cruda se calculó de acuerdo al porcentaje de nitrógeno por el método de Kjendhal. El porcentaje de proteína cruda se estimó multiplicando el resultado por el factor de conversión de 6.25.

## **2.- Análisis histopatológico**

Los órganos internos de los peces experimentales: branquias, hígado, intestino y riñón; se realizó "in situ" sacrificando estos por decapitación obteniendo las muestras bajo sombra lo más rápido posible. Asimismo, fueron cortados trozos de aproximadamente 0.5 cm de espesor, de cada uno de los órganos colocándolos en formol tamponado en una relación de volumen 1:5 cuidando que el tiempo no excediera los 30 min. al momento de tomar la muestra. Enseguida se colocaron en frascos de vidrio de 50 ml de capacidad, teniendo cuidado de sellarlos perfectamente. Al momento de trabajar las muestras fijadas, primeramente se realizaron varios lavados con agua de la llave durante 30 min. para retirar el exceso de fijador. Inmediatamente se procedió a la deshidratación con ayuda de un deshidratador automático marca Histokinette - 2000. Después se incluyeron en parafina ( p. f. 56 a 58°C ) para poder lograr cortes de 5 micrómetros en el microtomo marca Leitz - Wetzlar - 1512. Una vez retirado el exceso de parafina con auxilio de una estufa marca GCA - Precisión a 62°C, se llevó a cabo la tinción con hematoxilina - eocina. Finalmente, se montaron en resina sintética para su observación al microscopio (Estrada *et al*, 1982).

### **3) Trabajo de gabinete**

#### **1.- Asignación de tratamientos**

La aleatorización del método completamente al azar se determinó de la siguiente manera ( Little *et al*, 1987 ). Arbitrariamente, se asignó número a las 15 jaulas experimentales y número de posición al tendido de las jaulas. Enseguida, se realizó sorteo de posición contra jaula hasta agotar los números de los 15 eventos. Una vez colocadas las jaulas en el tendido con su respectivo número de posición, se aplicó el tratamiento con 3 repeticiones contra el número de posición experimental previamente otorgado, mediante la realización de otro sorteo.

Una vez realizado lo anterior, se procedió a colocar 30 peces por jaula, previamente seleccionados con peso promedio de 64 a 80 g sacando los peces que excedían este intervalo de peso:

ENSAYO DE ALIMENTACION ESQUEMA DE ALEATORIZACION		
POSICION DEL TENDIDO EXPERIMENTAL	MARCAS DE ALIMENTO ( TRATAMIENTOS )	NUMERO DE REPETICION
1	CINVESTAV	3
2	ALBAMEX	1
3	HACIENDA	2
4	PEDREGAL	2
5	PURINA	3
6	PURINA	1
7	PEDREGAL	1
8	HACIENDA	1
9	CINVESTAV	1
10	ALBAMEX	3
11	PURINA	2
12	ALBAMEX	2
13	PEDREGAL	3
14	HACIENDA	3
15	CINVESTAV	2

$R_i$  = Repetición  $i$  ;  $i = 1, 2, 3$ .

De igual forma se aplicó el mismo procedimiento al ensayo de densidad, sólo que nada más con dos repeticiones por tratamiento. Resultando el siguiente esquema de trabajo:

ENSAYO DE DENSIDAD ESQUEMA DE ALEATORIZACION		
POSICION DEL TENDIDO EXPERIMENTAL	DENSIDAD ( org / m <sup>3</sup> )	NUMERO DE REPETICION
1	45	1
2	55	2
3	35	1
4	55	2
5	45	2
6	35	1

**R<sub>i</sub> = Repetición i; i = 1, 2.**

## **2.- Diseño experimental 1 ( Ensayo de alimentación )**

Al inicio del experimento, 450 peces experimentales fueron distribuidos al azar en 5 tratamientos diferentes, se probaron 4 marcas comerciales diferentes de alimento balanceado para la etapa de engorde de trucha arco-iris: Albamex, Hacienda, Pedregal y Purina; y la dieta experimental elaborada por el CINVESTAV. Cada tratamiento con tres repeticiones, con una capacidad de carga de 30 org/m<sup>3</sup>, alimentado cuatro veces al día a saciedad. El peso promedio inicial fue de 64 gramos hasta alcanzar 250 g de peso promedio final.

### **3.- Diseño experimental 2 ( Ensayo de densidad )**

Al dar comienzo a este ensayo, 270 organismos experimentales fueron distribuidos al azar en tres tratamientos diferentes, se probaron 3 densidades con 35, 45 y 55 org/m<sup>3</sup> con dos repeticiones por tratamiento. Empleando alimento balanceado de la marca el "Pedregal", con 4 raciones al día a saciedad. El peso promedio inicial fue de 88 g hasta alcanzar 250 g de peso promedio final.

### **4.- Análisis estadístico**

Con los registros de los parámetros poblacionales y una vez cubiertos los supuestos del análisis de varianza. Se aplicó la prueba estadística conocida como: método completamente al azar ( Infante y Zarate, 1988 ). Sólo fue posible aplicarla en el diseño experimental de alimentación ya que, en el ensayo de densidad no hubo repetibilidad en los tratamientos debido a que la mortalidad obstaculizó este análisis. Posteriormente, se realizó la prueba de recorridos múltiples ( método de la diferencia mínima significativa modificada ), con la finalidad de establecer entre cuales alimentos utilizados existieron diferencias.

### **5.- Análisis de datos**

Con los valores obtenidos se elaboraron cuadros y figuras, principalmente. Los cálculos se realizaron de la siguiente manera:

## Evaluación del crecimiento:

### a.- Parámetros poblacionales

#### 1) Peso Promedio ( PP )

$$PP = \frac{\text{Peso total}}{\text{Número de peces}}$$

#### 2) Biomasa Total ( BT )

$$BT = \text{Peso Promedio} \times \text{número de organismos}$$

#### 3) Ganancia en Peso ( GP )

$$GP = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$$

**b.- Parámetros nutricionales:**

1) Utilización del Alimento

Factor de Conversión del Alimento ( F. C. A)

$$F.C.A. = \frac{\text{Alimento Ingerido}}{\text{Peso Ganado}}$$

2) Utilización de la Proteína

Tasa de Eficiencia Proteica ( T. E. P.)

$$T. E. P. = \frac{\text{Peso Ganado}}{\text{Proteína Ingerida}}$$

## VI RESULTADOS

### 1) *Análisis del Agua*

#### 1.- Parámetros físicos y químicos

Para mejor interpretación de estos, fueron elaboradas figuras que mostrarán el siguiente comportamiento:

La temperatura del agua varió de 17 a 23 °C, registrándose la máxima en el mes de julio ( 9 días ) y la mínima en el mes de octubre( 76 y 87 días ). Esta presentó de manera general una tendencia descendente, con clara variabilidad a lo largo de la prueba. Al inicio fueron registrados los valores más altos en el mes de julio, en cambio en el mes de septiembre( 38 a los 67 días ) se observó más o menos constante y al final disminuyó ( **fig. 4A** ).

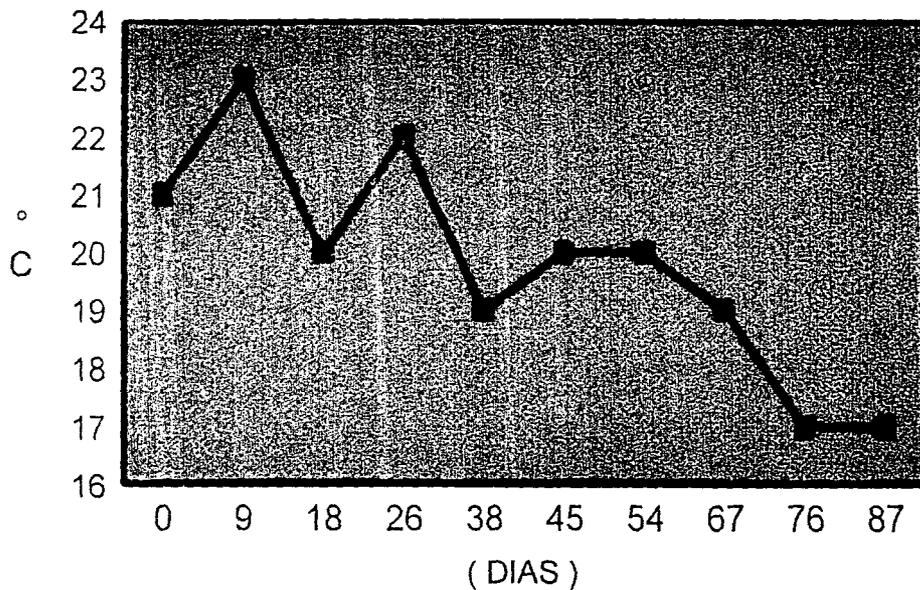
La concentración de oxígeno disuelto en el agua osciló de 7 a 8 mg/l, el comportamiento de este parámetro presentó una tendencia más o menos estable a lo largo de todo el período experimental, a excepción de los 26 a 38 días. ( **fig. 4B** ).

El pH presentó variaciones mínimas a los 26 días a través del ensayo, registrando un valor promedio de 8 unidades, indicándonos un tipo de agua ligeramente básica ( **fig. 4C** ).

La transparencia del agua fluctuó de 77 a 113 cm registrandose la máxima al término de la prueba y la mínima al inicio del experimento. Cabe destacar que este parámetro fue el más inestable, sin embargo, se observó una trayectoria ascendente entre los 45 y 87 días ( **fig. 4D** ).

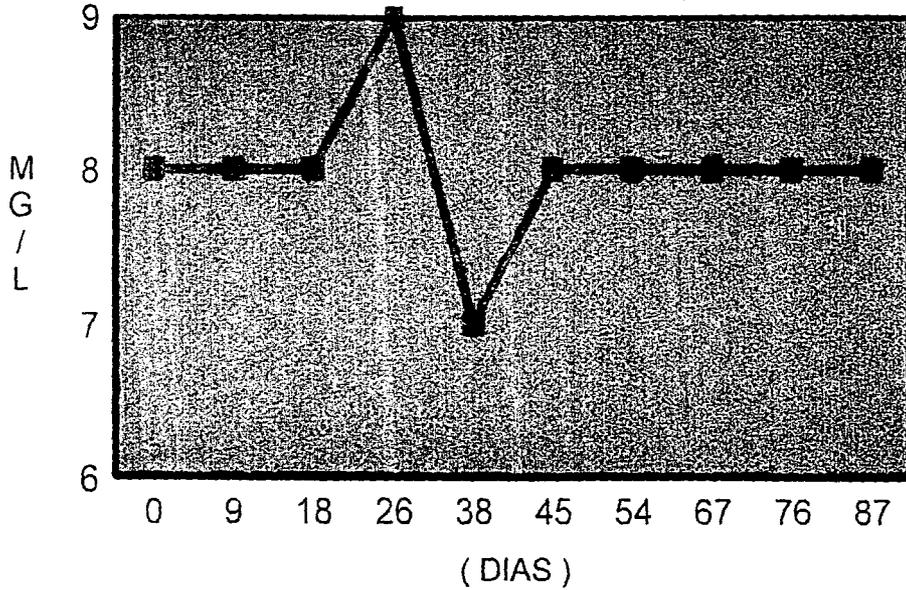
**FIGURA ( 4 A )**

*COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA  
EN LA PRESA DE SANTA ANA TZACUALA. HIDALGO.*



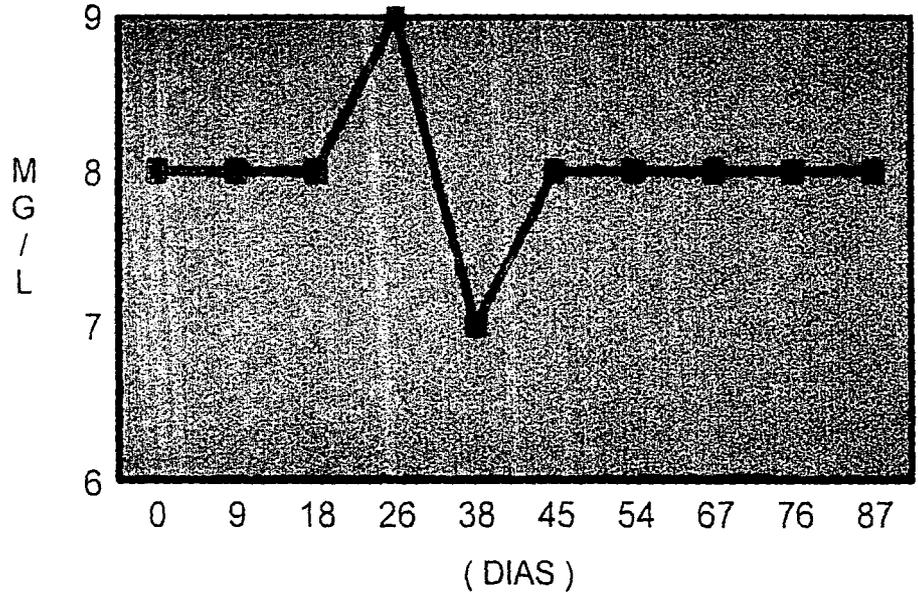
**FIGURA (4B)**

*COMPORTAMIENTO DEL OXIGENO DISUELTO  
EN LA PRESA DE SANTA ANA TZACUALA, HIDALGO.*



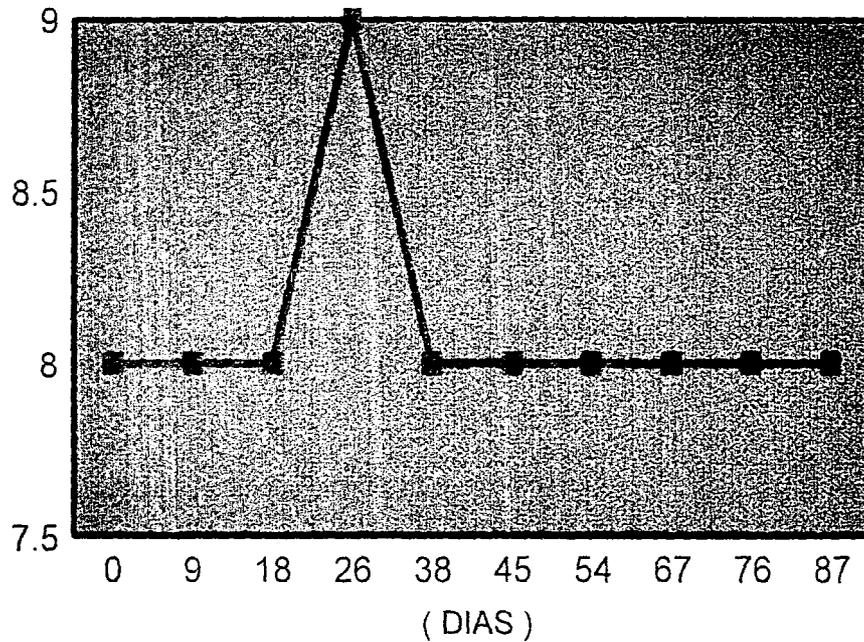
### FIGURA (4B)

COMPORTAMIENTO DEL OXIGENO DISUELTO  
EN LA PRESA DE SANTA ANA TZACUALA, HIDALGO.



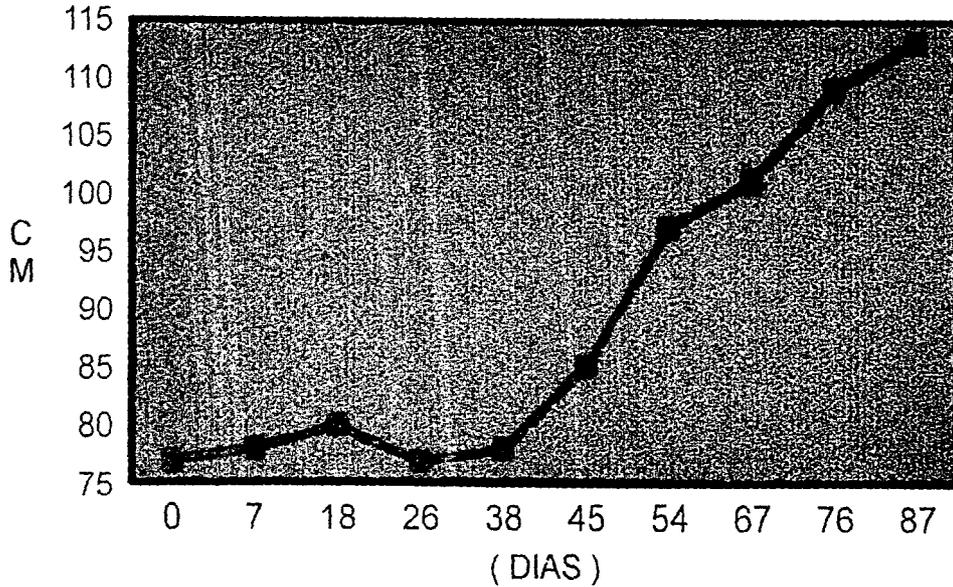
### FIGURA ( 4C )

*COMPORTAMIENTO DEL POTENCIAL DE HIDROGENO ( pH )  
EX LA PRESA DE SANTA ANA TZACUALA, HIDALGO.*



### FIGURA (4D)

COMPORTAMIENTO DE LA VISIBILIDAD AL DISCO  
DE SECHUEN LA PRESA DE DE SANTA ANA TZAQUALA, HIDALGO.



## **2) Diseño experimental 1 ( Ensayo de alimentación )**

### **1.- Parámetros poblacionales**

El registro de datos poblacionales de los 5 tratamientos empleados con sus tres repeticiones fueron agrupados en promedios para su mejor interpretación (**cuadro 1**). Los cuales fueron descritos en detalle en el apartado de material y método.

Con un período experimental de 95 días y una sobrevivencia del 93 %, los peces cultivados con los distintos tipos de alimentos mencionados presentaron el siguiente comportamiento en orden de importancia:

Los peces alimentados con la fórmula del Cinvestav y Albamex fueron los primeros en alcanzar la talla comercial de 250 g, con ganancia en peso de 254 y 251 g, respectivamente. La biomasa total más alta se registró con Albamex con 7.03 Kg, mientras que el Cinvestav logró llegar con 6.33 Kg, la sobrevivencia determinó estas diferencias en peso.

El Pedregal y Purina fue el segundo grupo de alimentos que al finalizar la prueba terminó con 243 y 212 g, respectivamente. El peso total entre estos fue muy parecido alcanzando rendimientos de 6.87 y 6.21 Kg, respectivamente. Cabe mencionar, que existió una diferencia de peso de 31 g con una sobrevivencia muy semejante.

La Hacienda registró de manera general los valores más bajos, con peso de 173 g y biomasa total de 4.94 Kg, a pesar de finalizar con la sobrevivencia muy parecida al segundo grupo.

**CUADRO ( 1 )**  
**ENSAYO DE ALIMENTACION EN JAULAS**  
**FLOTANTES EN EL ESTADO DE HIDALGO**  
**PARAMETROS POBLACIONALES**

<b>TIEMPO ( DIAS )</b>	<b>SOBREVI VENCIA ( NUM/ORG )</b>	<b>PESO PRO MEDIO ( G )</b>	<b>BIOMASA PROMEDIO ( G )</b>	<b>INCREMENTO EN PESO ( G )</b>
<b>ALBAMEX</b>				
0	30	63.95	1918.43	-
15	30	85.00	2579.10	21.05
35	29	118.54	3459.85	33.54
50	29	136.84	3969.83	18.30
66	29	178.53	5119.73	41.69
95	28	250.98	7028.23	72.45
<b>CINVESTAV</b>				
0	28	63.47	1759.03	-
15	28	83.15	2303.30	19.68
35	27	113.34	3094.07	30.19
50	27	144.37	3868.57	31.03
66	27	179.04	4837.07	34.67
95	25	253.91	6331.07	74.87
<b>HACIENDA</b>				
0	30	63.82	1914.73	-
15	30	70.84	2125.10	7.02
35	30	84.79	2543.87	13.95
50	29	100.55	2885.92	15.76
66	29	120.98	3462.17	20.43
95	29	172.91	4946.03	51.93

TIEMPO ( DIAS )	SOBREVI VENCIA ( NUM /ORG )	PESO PRO MEDIO ( G )	BIOMASA PROMEDIO ( G )	INCREMENTO EN PESO ( G )
<b>PEDREGAL</b>				
0	30	63.45	1903.60	-
15	30	78.63	2358.80	15.18
35	30	108.01	3240.42	29.38
50	29	134.38	3941.67	26.37
66	29	172.64	5064.30	38.26
95	28	242.72	6874.70	70.08
<b>PURINA</b>				
0	30	64.95	1948.63	-
15	30	80.68	2358.47	15.73
35	30	96.28	2849.17	15.60
50	29	118.72	3483.53	22.44
66	29	153.71	4511.73	34.99
95	29	211.79	6214.40	58.08

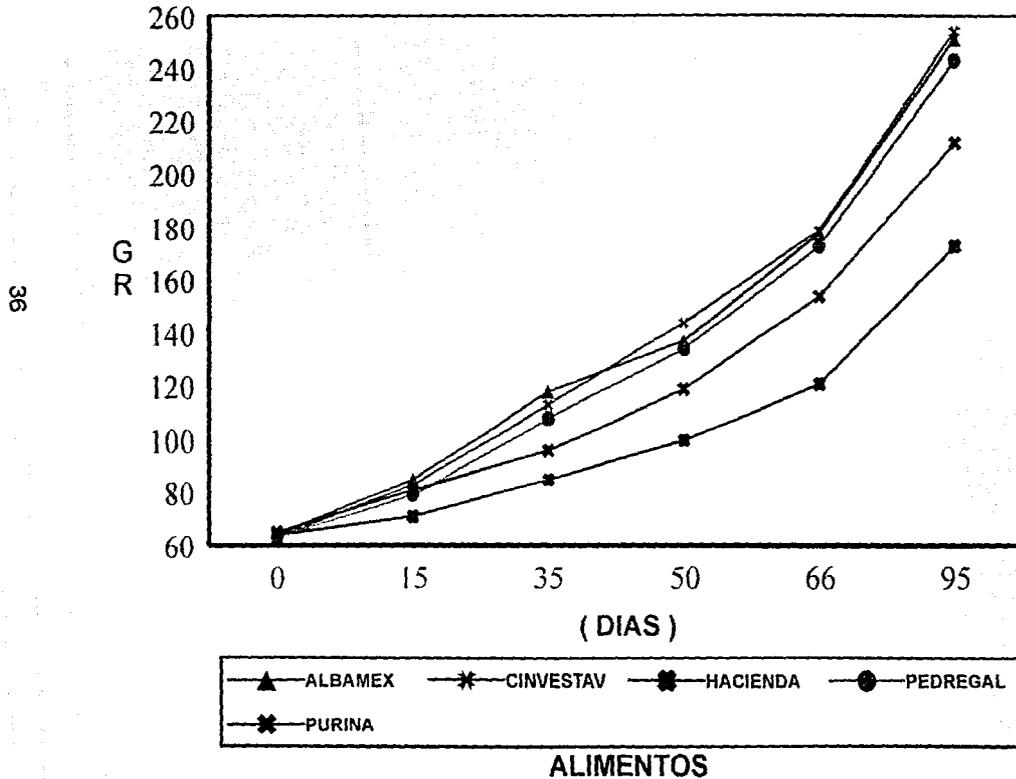
## 2.- Tasa de crecimiento

Se puede decir que la comparación y el comportamiento de las curvas de crecimiento de los 5 tratamientos aplicados en el desarrollo experimental. De manera general todos los alimentos presentaron crecimientos con una tendencia ascendente, sin embargo, la marca de Purina y la Hacienda no tuvieron el mismo ritmo de crecimiento y por consiguiente la ganancia en peso fue menor en comparación con los demás tratamientos. Durante los primeros 15 días Albamex, Cinvestav, Pedregal y Purina tuvieron similar comportamiento, el restante, la Hacienda presentó el crecimiento más bajo. A partir de este lapso de tiempo podemos distinguir claramente que los alimentos Cinvestav, Albamex y Pedregal lograron marcadas diferencias en cuanto a crecimiento en peso se refiere en comparación con Purina y Hacienda. Las diferencias en la tasa de crecimiento son particularmente evidentes entre los 15 y 95 días del ensayo. El primero en alcanzar los 250 g de peso proyectado fue la dieta del Cinvestav, en cambio la Hacienda solo consiguió ganar 173 g al finalizar la prueba, la evaluación se observa en la **figura 5**.

FIGURA ( 5 )

CURVAS DE CRECIMIENTO EN PESO DE TRUCHA ARCO-IRIS

EN EL ENSAYO DE ALIMENTACION EN JAULAS FLOTANTES EDO. DE HGO.



### 3.- Parámetros nutricionales convencionales

De igual manera que los otros apartados podemos identificar 3 categorías diferentes que fueron clasificados en orden de importancia de la siguiente manera, tomando en consideración el factor de conversión del alimento:

Bajo las dietas de Cinvestav y Albamex los peces presentaron valores parecidos y constantes a través de la prueba, variando de 1.36 a 1.66 y de 1.36 a 2.8, respectivamente. Destacando este último con los datos más altos en este parámetro durante los 49 y 94 días experimentales. Cabe resaltar que los mejores resultados fueron para la dieta del Cinvestav.

El Pedregal y Purina tuvieron valores muy parecidos con variaciones notorias a través del tiempo, cambiando de 1.29 a 2.08 y de 1.55 a 2.38, respectivamente. El mejor de estos fue el balanceado del Pedregal.

La Hacienda presentó un rango bastante amplio y alto en comparación con los otros alimentos con valores de 2.40 a 4.47 y con una variación bastante notoria al inicio y final del ensayo, por lo que fue el alimento más malo en cuanto a calidad nutricional se refiere.

La tasa de eficiencia proteica mostró de forma general dos tipos de comportamiento bien definidos:

Hacienda, Cinvestav y Pedregal tuvieron variaciones mínimas a través del tiempo variando de 1.21, 1.48, y 1.76, respectivamente, registrandose los valores más altos a los 66 días de trabajo experimental ( **cuadro 2** ).

Albamex y Pedregal presentaron variaciones más notorias de: 1.35 a 2.09 y de 1.54 a 2.07, respectivamente. Los valores más altos fueron observados en los 35 y 66 días del ensayo.

En todos los tratamientos podemos observar una marcada relación de proporcionalidad entre el factor de conversión del alimento y la tasa de eficiencia proteica, es decir, cuando uno aumenta el otro disminuye o viceversa ( **cuadro 2** ).

**CUADRO ( 2 )**  
**ENSAYO DE ALIMENTACION EN JAULAS**  
**FLOTANTES EN EL ESTADO DE HIDALGO**  
**PARAMETROS NUTRICIONALES CONVENCIONALES**

TIEMPO (DIAS)	ALBAMEX		CINVESTAV		HACIENDA		PEDREGAL		PURINA	
	F.C.A.	T.E.P.	F.C.A.	T.E.P.	F.C.A.	T.E.P.	F.C.A.	T.E.P.	F.C.A.	T.E.P.
15	1.42	1.97	1.58	1.15	4.47	0.72	2.08	1.54	2.26	1.18
35	1.36	2.09	1.48	1.23	2.65	1.06	1.55	2.07	2.69	1.05
49	2.80	1.06	1.49	1.26	3.34	1.02	1.85	1.78	2.25	1.16
66	1.35	2.04	1.36	1.48	2.75	1.21	1.29	2.44	1.55	1.76
94	2.06	1.35	1.66	1.09	2.40	1.18	1.96	1.61	2.38	1.16
PROMEDIO	1.80	1.70	1.51	1.24	3.12	1.04	1.75	1.88	2.22	1.23

( F. C. A. ) Factor de conversión del alimento.

( T. E. P. ) Tasa de eficiencia proteica.

**3) Diseño experimental 2 ( Ensayo de densidad )**

**1.- Parámetros poblacionales**

De igual forma que en el ensayo de alimentación se realizarón promedios en todos los registros obtenidos para una mejor interpretación de estos. Con tiempo experimental de 83 días y sobrevivencia de 81% en las tres densidades evaluadas, los mejores resultados se encontrarón en la densidad nueva de 36 org/m<sup>3</sup> ya que este tratamiento fue el primero en acercarse a la talla comercial de 250g con 243.04 g y una biomasa total de 8.81 Kg. Asimismo, la densidad final de 29 org/m<sup>3</sup> terminó con

224.22 g y peso total de 6.6 Kg. La densidad de 45 org/m<sup>3</sup> resulto la más baja con 218.32 g de peso y biomasa total de 9.79 Kg. Las diferencias encontradas en la biomasa total se deben al número de organismos por metro cúbico ( cuadro 3 ).

<b>CUADRO ( 3 )</b>			
<b>ENSAYO DE DENSIDAD EN JAULAS</b>			
<b>FLOTANTES EN EL ESTADO DE HIDALGO</b>			
<b>PARAMETROS POBLACIONALES</b>			
<b>TIEMPO ( DIAS )</b>	<b>SOBREVI VENCIA ( NUM. DE ORG. )</b>	<b>PESO PROMEDIO ( G )</b>	<b>BIOMASA TOTAL PROMEDIO ( G )</b>
<b>35 org/m<sup>3</sup></b>			
<b>0</b>	<b>35</b>	<b>89.50</b>	<b>3134.25</b>
<b>28</b>	<b>33</b>	<b>125.03</b>	<b>4190.15</b>
<b>63</b>	<b>33</b>	<b>181.28</b>	<b>6358.70</b>
<b>83</b>	<b>29</b>	<b>224.22</b>	<b>6618.65</b>
<b>45 org/m<sup>3</sup></b>			
<b>0</b>	<b>45</b>	<b>86.06</b>	<b>3872.72</b>
<b>28</b>	<b>40</b>	<b>125.96</b>	<b>5095.82</b>
<b>63</b>	<b>40</b>	<b>218.08</b>	<b>8343.45</b>
<b>83</b>	<b>36</b>	<b>243.04</b>	<b>8809.72</b>
<b>55 org/m<sup>3</sup></b>			
<b>0</b>	<b>55</b>	<b>87.31</b>	<b>4584.50</b>
<b>28</b>	<b>51</b>	<b>124.51</b>	<b>6353.90</b>
<b>63</b>	<b>49</b>	<b>193.76</b>	<b>9535.26</b>
<b>83</b>	<b>45</b>	<b>218.32</b>	<b>9797.05</b>

Cabe aclarar, que durante el tercer muestreo, es decir, durante los 63 días de trabajo experimental se tuvo la necesidad de volver a realizar otra selección de peces, esto es, fueron retirados los peces que no crecían ya que los peces más grandes se comían el alimento de aquellos y por consiguiente no crecían, ocasionando la notable disminución del peso promedio por jaula en cuando menos una repetición por tratamiento. Aunado a esta situación la mortalidad tuvo una influencia bastante

notoria en todas las densidades probadas ya que ninguna de estas logró terminar el ensayo con las densidades inicialmente propuestas, por lo que finalizaron de la siguiente forma:

DENSIDADES		MORTALIDAD ( % )
INICIAL	FINAL	
35	29	83
45	36	80
55	45	82

## 2.- Tasa de crecimiento

Las tres densidades probadas fueron comparadas a través de curvas de crecimiento, las cuales mostraron de manera general trayectorias ascendentes en todos los tratamientos utilizados. Cabe destacar que la densidad de 45 org/m<sup>3</sup> durante el último muestreo presentó una ligera disminución por abajo de la densidad de 29 org/m<sup>3</sup>. Durante los primeros 28 días de trabajo experimental el crecimiento en todas las densidades fue muy semejante, sin embargo, después de este lapso de tiempo las diferencias en incremento en peso fueron particularmente marcadas hasta el término de la prueba. La densidad de 36 org/m<sup>3</sup> fue el primero en alcanzar la talla comercial de 250 g, seguido por el tratamiento de 29 org/m<sup>3</sup> y por último la densidad de 45 org/m<sup>3</sup> ( fig. 6 ).

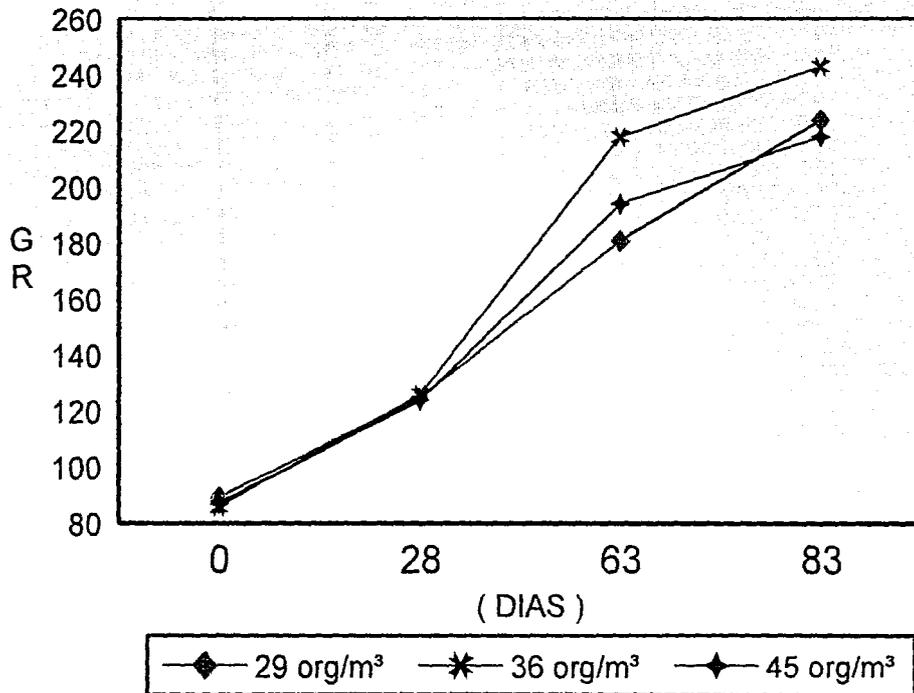
## 3.- Parámetros nutricionales convencionales

Derivado de los registros obtenidos, los cuales se agruparon en orden de importancia como sigue:

La densidad de 36 org/m<sup>3</sup> presentó los mejores resultados en cuanto al factor de conversión alimenticia se refiere con valores de 1.32 a 1.77 y una variación mínima. Asimismo, la capacidad de carga de 45 org/m<sup>3</sup> tuvo resultados similares variando de 1.31 a 1.73. El tratamiento de 29 org/m<sup>3</sup> obtuvo los valores más altos de 1.45 a 2.10

FIGURA ( 6 )

CURVAS DE CRECIMIENTO EN PESO DE TRUCHA ARCO-IRIS  
EN EL ENSAYO DE DENSIDAD EN JAULAS FLOTANTES EDO. HGO.



con variaciones más evidentes al inicio y al final del experimento. Al igual que el ensayo anterior se observó de manera general la misma relación de proporcionalidad entre el factor de conversión del alimento y la tasa de eficiencia proteica ( cuadro 4 ).

<p align="center"><b>CUADRO ( 4 )</b>  <b>ENSAYO DE DENSIDAD EN JAULAS</b>  <b>FLOTANTES EN EL ESTADO DE HIDALGO</b>  <b>PARAMETROS NUTRICIONALES CONVENCIONALES</b></p>						
<b>TIEMPO</b> <b>( DIAS )</b>	<b>DENSIDADES FINALES AL TERMINO DE LA PRUEBA</b>					
	<b>( 29 org/m<sup>3</sup> )</b>		<b>( 36 org/m<sup>3</sup> )</b>		<b>( 45 org/m<sup>3</sup> )</b>	
	<b>F.C.A</b>	<b>T.E.P</b>	<b>F.C.A</b>	<b>T.E.P</b>	<b>F.C.A</b>	<b>T.E.P</b>
<b>28</b>	<b>2.10</b>	<b>1.51</b>	<b>1.77</b>	<b>1.83</b>	<b>1.68</b>	<b>1.88</b>
<b>63</b>	<b>1.45</b>	<b>2.18</b>	<b>1.26</b>	<b>2.51</b>	<b>1.31</b>	<b>2.41</b>
<b>83</b>	<b>1.91</b>	<b>1.79</b>	<b>1.45</b>	<b>2.26</b>	<b>1.57</b>	<b>2.04</b>
<b>PROME DIOS</b>	<b>1.82</b>	<b>1.79</b>	<b>1.45</b>	<b>2.26</b>	<b>1.57</b>	<b>2.04</b>

#### 4) Análisis bromatológico

##### 1.- Alimento

El análisis proximal de los 5 alimentos probados tanto en el ensayo de alimentación como en el ensayo de densidad mostró los siguientes resultados en porcentaje en base húmeda:

La proteína varió de 36.1 a 55.2 % para el alimento de Albamex y Cinvestav, respectivamente, los restantes promediaron 35 % observándose variaciones mínimas.

Los lípidos presentaron rango de variación bastante notables de 2.99 a 11.74 % para Purina y Pedregal, respectivamente, la Hacienda y Albamex registraron un promedio de 4.5 % con variaciones significativas. El Cinvestav reportó 7.73 % como valor intermedio de todo el grupo de alimentos probados.

Los carbohidratos de manera general en todos los tratamientos aplicados mostraron valores muy parecidos alrededor del 30 % y diferencias del 3%. La excepción fue para el Cinvestav que resultó con 13% de este nutriente y comparado con los demás fue el más bajo.

La fibra mostró rango de variación de 3.62 a 8.67 % para Cinvestav y Albamex, respectivamente. Los alimentos restantes tuvieron porcentajes similares, con variación de 2%.

La ceniza fluctuó de 7.55 a 12.93 % para Albamex y Pedregal, respectivamente, mientras que los demás promediaron 9.55 % con diferencias de 3 % entre ellos (cuadro 5).

**CUADRO ( 5 )**  
**ENSAYO DE ALIMENTACION Y DENSIDAD EN JAULAS**  
**FLOTANTES EN EL ESTADO DE HIDALGO**  
**ANALISIS PROXIMAL DE LOS ALIMENTOS PROBADOS**  
**PARA LA ENGORDA DE TRUCHA ARCO - IRIS**  
**( % ) EN BASE HUMEDA**

ALIMENTO	PROTEINA	LIPIDOS	CARBOHI DRATOS ( E. L. N )	FIBRA	CENIZA
ALBAMEX	36.10	4.78	29.90	8.67	7.55
CINVESTAV	55.20	7.73	12.87	3.62	10.96
HACIENDA	36.21	4.25	30.06	7.00	9.60
PEDREGAL	31.58	11.74	28.20	4.73	12.93
PURINA	37.54	2.99	31.21	6.20	8.09
PROMEDIOS	39.33	6.29	26.45	6.04	9.83

## 2.- Peces en experimentación

El reporte de los valores obtenidos en porcentaje de base húmeda, son descritos a continuación:

El contenido de proteína varió de 23 a 29.93 % para los peces de Hacienda y Cinvestav, respectivamente, de manera general el porcentaje no presentó variaciones notables, sin embargo, la diferencia fue del 3 % para Pedregal y Purina.

Los lípidos mostraron un intervalo de 5.07 a 16.67 % para los organismos de Hacienda y Pedregal, respectivamente, los demás alimentos promediaron 12 % con una variación del 1 %.

Carbohidratos: El Cinvestav y Pedregal no presentaron este nutriente, en cambio Purina registró el 3 % y la Hacienda el 7.4 %.

Fibra: todos los tratamientos presentaron cantidades bajas promediando el 0.27%.

Ceniza: este presentó un intervalo de variación de 2.8 y 4.38 % para Purina y Cinvestav, respectivamente, resto del grupo registro la misma cantidad de 3.10 %.

Humedad: Todos los alimentos presentaron cantidades similares a excepción del Pedregal que registró la menor cantidad con 52 % ( **cuadro 6** ) .

**CUADRO ( 6 )**  
**ENSAYO DE ALIMENTACION Y DENSIDAD EN JAULAS**  
**FLOTANTES EN EL ESTADO DE HIDALGO**  
**ANALISIS PROXIMAL DE PECES FINALES DE**  
**TRUCHA ARCO-IRIS ( % ) EN BASE HUMEDA**

ALIMEN TO	PROTEI NA	LIPIDOS	CARBO HIDRA TOS	FIBRA	CENIZA	HUME DAD
CINVES TAV	29.93	13.00		0.22	4.38	61.01
HACIEN DA	23.00	5.07	7.44	0.39	3.10	61.00
PEDRE GAL	29.04	16.67		0.22	3.10	52.00
PURINA	26.00	11.77	2.97	0.25	2.8	62.15
PROME DIO	26.99	11.63	5.20	0.27	3.34	59.04

### **5) Análisis histopatológico**

Derivado de las observaciones histológicas efectuadas a las diferentes muestras de los peces alimentados con los 5 tratamientos, se observaron ciertos cambios en los diferentes tejidos, los cuales se mencionan a continuación:

**Branquias:** se observó en general "hipertrofia" de las lamelas secundarias, hiperplasia y telangiectasis, distinguiéndose el mayor daño en las dietas con Purina y en menor intensidad en las dietas preparadas en el Cinvestav.

**Hígado:** Se observaron diferentes niveles de depósitos de grasas en el tejido hepático. Los hígados de los peces alimentados con la dieta del Cinvestav, Albamex y Hacienda se encuentran bastante normal, y entre estos la dieta del Cinvestav se observó con mayor aumento de lípidos, sin embargo, la cantidad de grasa es normal al encontrarla en hígado de peces alimentados con dietas artificiales. En los peces alimentados con Purina y el Pedregal se encontró mayor proporción de lípidos e inicios de degeneración de las células hepáticas, encontrándose en último grado en los hígados de los peces alimentados con el Pedregal.

## 6) *Análisis estadístico*

### 1.- **Diseño experimental 1 ( Ensayo de alimentación )**

Una vez cubiertos los supuestos del análisis de varianza ( Little, 1987 ) se aplicó la prueba del método completamente al azar, con la finalidad de probar dos hipótesis estadísticas:

$H_0$  Todos los tratamientos utilizados son iguales.

$$( H_0 = G1 = G2 = \dots\dots\dots Gr )$$

$H_a$  Al menos un efecto de los tratamientos es diferente de los demás.

$$( H_a = G1 \neq G2 = \dots\dots\dots Gr ). ( \text{cuadro 7} ).$$

Utilizando como variable de respuesta: el incremento en peso promedio logrado (  $\Delta W$  ), el factor de conversión del alimento ( FCA ) y la tasa de eficiencia proteica (TEP ) se trabajó con un factor ( 5 marcas de alimento ), y tres niveles (3 repeticiones ) ( Infante *et al*, 1988 ). En cada caso la prueba mostró con un intervalo de confianza del 95 % suficientes pruebas estadísticas para rechazar la hipótesis nula (  $H_0$  ) y aceptar la hipótesis alternativa (  $H_a$  ). Lo que indicaba que al menos uno de los alimentos comparados es diferente de los demás.

**CUADRO ( 7 )**  
**ENSAYO DE ALIMENTACION EN JAULAS**  
**FLOTANTES EN EL ESTADO DE HIDALGO**  
**ANALISIS DE VARIANZA ( MODELO COMPLETAMENTE AL AZAR )**  
**VARIABLES DE RESPUESTA: (  $\Delta W$  ), ( FCA ) y ( TEP ).**

$$Y_{ij} = u + t_i + t_{ij}$$

**INCREMENTO EN PESO (  $\Delta W$  )**

( F. V. )	( G. L. )	( S. C. )	( C. M. )	( F observado )
TRATAMIENTO	4	14284.85	357.21	44.06
ERROR	10	810.58	81.05	( F teórico )
TOTAL	14	15095.43	-	3.48

**FACTOR DE CONVERSION DEL ALIMENTO ( FCA )**

( F. V. )	( G. L. )	( S. C. )	( C. M. )	( F observado )
TRATAMIENTO	4	6.35	1.59	4.81
ERROR	10	3.32	0.33	( F teórico )
TOTAL	14	9.67	-	3.48

**TASA DE EFICIENCIA PROTEICA ( TEP )**

( F. V. )	( G. L. )	( S. C. )	( C. M. )	( F observado )
TRATAMIENTO	4	1.12	0.280	15.55
ERROR	10	0.18	0.018	( F teórico )
TOTAL	14	1.30	-	3.48

Con  $\alpha = 0.05$ , obtenemos un "F" teórico de  $F_{10,0.05}^s = 3.48$  de la tabla correspondiente y puesto que  $F_0 > 3.48$ . Por lo tanto se rechaza  $H_0$  con un nivel de confianza del 95%, y se acepta  $H_1$ .

Posteriormente se llevo a cabo la prueba de comparaciones múltiples ( Método de la diferencia mínima significativa modificada ) con la finalidad de establecer entre que tratamientos los efectos fueron diferentes.

De acuerdo con los resultados obtenidos y después de realizar 10 comparaciones entre los alimentos utilizados se puede observar lo siguiente:

1) con el incremento en peso se detectaron 3 comparaciones iguales y 7 diferentes.

2) utilizando el factor de conversión del alimento, se encontró 7 comparaciones iguales y 3 diferentes.

3) empleando la tasa de eficiencia proteica se registrarón 4 comparaciones iguales y 6 diferentes ( cuadro 8 ).

**CUADRO ( 8 )**  
**ENSAYO DE ALIMENTACION EN JAULAS**  
**FLOTANTES EN EL ESTADO DE HIDALGO**  
**COMPARACIONES MULTIPLES**  
**( MODELO DE LA DIFERENCIA MINIMA**  
**SIGNIFICATIVA MODIFICADA )**  

$$Yr = yr' \pm t \alpha / 2l (G. L. C. M. E.) \sqrt{2CME/D}$$

**I N T E R V A L O S**

COMPARACION DE TRATAMIENTOS	INCREMENTO EN PESO ( ΔW )	FACTOR DE CONVERSION ( FCA )	TASA DE EFICIENCIA PROTEICA ( TEP )
ALBAMEX VS CINVESTAV	( -19.80, 12.98 )	( - 0.92, 1.17 )	( 0.28, 0.77 ) *
ALBAMEX VS HACIENDA	( 61.54, 94.32 ) *	( - 2.74, - 0.64 ) *	( 0.45, 0.94 ) *
ALBAMEX VS PEDREGAL	( - 8.63, 24.15 )	( - 1.33, 1.95 )	( - 0.16, 0.32 )
ALBAMEX VS PURINA	( 23.79, 56.57 ) *	( - 1.34, 0.76 )	( 0.23, 0.72 ) *

COMPARACION DE TRATAMIENTOS	INCREMENTO EN PESO ( $\Delta W$ )	FACTOR DE CONVERSION (FCA)	TASA DE EFICENCIA PROTEICA (TEP)
CINVESTAV VS HACIENDA	( 64.95, 97.73 ) *	( - 2.86, 0.42 )	( - 0.07, 0.41 )
CINVESTAV VS PEDREGAL	( - 5.22, 27.56 )	( - 1.45, 0.65 )	( - 0.69, - 0.20 ) *
CINVESTAV VS PURINA	( 27.20, 59.98 ) *	( - 1.46, 0.64 )	( - 0.29, 0.19 )
HACIENDA VS PEDREGAL	( - 86.56, - 53.78 ) *	( 0.36, 2.46 ) *	( - 0.86, - 0.37 ) *
HACIENDA VS PURINA	( - 54.14, - 21.36 ) *	( 0.35, 2.45 ) *	( - 0.46, 0.02 )
PEDREGAL VS PURINA	( 16.03, 48.81 ) *	( - 1.06, 1.04 )	( 0.15, 0.64 ) *

( \* ) Tratamientos con efectos diferentes

## 2.- Diseño experimental 2 ( Ensayo de densidad )

El análisis estadístico planteado inicialmente no fue posible realizarlo ya que durante el transcurso y finalización del experimento, la mortalidad jugó un papel preponderante, es decir, la pérdida de unidades experimentales no permitió que ningún tratamiento terminara con las repeticiones propuestas; obstaculizando el análisis estadístico *a posteriori*. Sin embargo, con apoyo de los registros poblacionales y nutricionales se realizó el análisis correspondiente.

## VII DISCUSION DE RESULTADOS

### 1.- Análisis del agua

Los parámetros físicos y químicos del agua registrados a lo largo del período experimental fueron acordes a lo reportado por la bibliografía para el mantenimiento de esta especie ( **cuadro 9** ). Esto es los valores encontrados caen dentro de los intervalos permisibles para el cultivo de trucha arco-iris. En términos generales, estos parámetros no tuvieron influencia directa en el desenvolvimiento del experimento y por consiguiente en el desarrollo y crecimiento de los peces bajo cultivo, ya que estos se mantuvieron más o menos constantes a excepción de la temperatura y la transparencia ( **figuras 4: A, B, C, y D** ).

Drummond, ( 1988 ) reporta que la temperatura del agua nunca debe sobrepasar los 22 - 23 °C, y no debería superar los 21 °C nada más que durante breves periodos de tiempo. De igual forma hace mención que el período más crítico para cultivar esta especie abarca desde el comienzo de la primavera hasta el final del verano. Es decir, esto es acorde con lo reportado en el presente trabajo, donde la temperatura del agua alcanzó los 23 °C en el mes de julio durante intervalos cortos de tiempo. Asimismo, el experimento abarco parte del verano cuando la temperatura llegó a incrementarse ocasionando que los peces experimentales no comieran como normalmente lo hacían. A pesar de esta eventualidad el oxígeno se mantuvo constante ( 8 mg/l ) con ligeras variaciones sin provocar problemas de reducción de éste ( **figura 4B** ). Los valores obtenidos de pH de 8 unidades para este ensayo fueron bastante aceptables, ya que preferentemente se recomienda para la trucha arco - iris valores de 7.00 - 7.50, es decir un tipo de agua neutra o ligeramente básica ( Drummond, *op cit* ) ( **cuadro 9** ).

**CUADRO ( 9 )**  
**COMPARACION DE LAS CARACTERISTICAS**  
**FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA PARA TRUCHA**  
**ARCO-IRIS ( *Oncorhynchus mykiss* )**

REPORTES BIBLIOGRAFICOS			
Parámetros de calidad del agua	Aguilera y Noriega ( 1985 )	Drummond ( 1988 )	Datos experimentales de la presa de Santa Ana Tzacuala. Hgo. (1988 )
Oxígeno disuelto ( mg/l )	5.5 como mínimo	Depende de: temperatura % saturación de (O <sub>2</sub> ) altitud	7 a 9
Temperatura ( ° C )	25 como máximo	22 a 23 como máxima 10 a 15 recomendado 18 óptimo	17 a 23
Potencial de hidrogeno ( pH )	6.50 a 8	7 a 7.5 recomendado 6 como mínimo	8 a 9

**2) Diseño Experimental 1 ( Ensayo de alimentación )**

**1.- Parámetros poblacionales**

Con un periodo experimental de 95 días en los cuales se probaron 4 marcas de alimento balanceado para la engorda de trucha arco-iris y una dieta experimental, con

tres repeticiones por tratamiento con una densidad de carga de 30 org/m<sup>3</sup>. El porcentaje de sobrevivencia promedio para este experimento fue del 80%. Cabe mencionar, que las tres repeticiones aplicadas por tratamiento cuando menos una repetición logró llegar al final del ensayo con el 100 % de sobrevivencia, a excepción del alimento de la marca el "Pedregal" (**cuadro 1**).

La merma poblacional registrada durante el presente estudio no se debió únicamente a la mortandad de organismos experimentales, sino también por la selección realizada en cuando menos una repetición por tratamiento a partir del cuarto muestreo poblacional. Esta depuración se llevó a cabo debido a la heterogeneidad de tallas en la población cuando fue requerido; a pesar que al inicio del ensayo se tuvo la precaución de seleccionar los peces que reunían las características necesarias. Sin embargo, esta variable sólo influyó de manera indirecta en los registros poblacionales provocando en algunos casos el enmascaramiento de los datos, es decir, durante los monitoreos se observó que al momento de llevar a cabo las determinaciones de peso por jaula en los diferentes tratamientos; el efecto de competencia por el alimento de la población provocó la disminución del peso, influenciando el peso promedio poblacional.

La mortalidad registrada se pudo deber a causas naturales o indirectamente por la manipulación de organismos, esta última se produjo por el estrés ocasionado durante los monitoreos. Cabe mencionar, que el experimento se desarrolló durante la época de "estiaje" cuando la temperatura por momentos llegó hasta los 23 °C de donde se infiere cambios en el metabolismo de los peces ya que se observó que estos no consumían el alimento como normalmente lo hacían.

## 2.2.- Tasa de crecimiento

Para el período de estudio se llegó a la talla comercial de 250 g ( Klontz, 1991 ), sin embargo, las curvas de crecimiento se encuentran en la fase potencial, por lo que no se han alcanzado los pesos máximos al no observarse aún la curva asintota (**figura 5**). Se encontraron diferencias en el crecimiento en peso con los tratamientos empleados esto fue apoyado por el anova con  $\alpha = 0.05$ , registrándose los valores más altos para Cinvestav, Pedregal y Purina con variaciones mínimas entre ellos. Esto fue confirmado por la prueba de recorridos múltiples ( D. M. S. M., con  $t = 0.05/10$  gl ) el cual detectó que estos fueron iguales. Mientras que los balanceados de Purina y Hacienda alcanzaron pesos promedios menores a través del tiempo con diferencias claras, los cuales fueron identificados con efectos diferentes ( **cuadro 8** ). Cabe mencionar que la prueba estadística sólo identificó las diferencias de peso de 32 g en adelante ( **cuadro 1** ).

### 2.3.- Parámetros nutricionales convencionales

El comportamiento del factor de conversión del alimento ( F.C.A. ) permite observar que los tratamientos aplicados en orden de importancia: Cinvestav, Pedregal y Purina tuvieron trayectorias más o menos constantes a través de la prueba con variaciones mínimas en este parámetro, mientras que Albamex y Hacienda presentaron clara inestabilidad con ligeras diferencias. Esto fue confirmado por el anova con  $\alpha = 0.05$ . Dentro de estos se distinguen la dieta del Cinvestav con los resultados mejores ya que, presentó los valores más bajos y variaciones mínimas lo que indica calidad constante ( **cuadro 2** ). Esto es apoyado por lo encontrado en el análisis próximoal, el cual fue el único que se acercó a los valores recomendados desde el punto de vista nutricional para esta especie ( **cuadro 5** ). Los alimentos restantes presentaron los datos más altos con diferencias notorias ( **cuadro 2** ). Esto fue apoyado por las comparaciones múltiples ( D. M. S. M, con  $t = 0.05 / 10 \text{ gl}$  ), donde fueron encontrados 3 tratamientos con efectos distintos: Albamex-Hacienda, Hacienda-pedregal y Hacienda-Purina. Lo que también demuestra inestabilidad en la calidad del alimento empleado ( Nivon, 1974 ).

La marca del Pedregal tuvo un comportamiento muy parecido a la dieta del Cinvestav a excepción del primer muestreo con valores semejantes en cuanto a los parámetros nutricionales se refiere ( **cuadro 2** ). Esto se debió a que pese a no contar con las especificaciones recomendadas de proteína / lípidos para trucha arco - iris. El fabricante compensa esta situación elevando el contenido de grasa en la dieta, esto fue confirmado por el análisis próximoal realizado. El cual comprobó que este alimento presentó menor cantidad de proteína y mayor proporción de grasa ( **cuadro 5** ). Lo cual coincide con los planteamientos de (Steffen y Albrech, 973 y 1975 ) en ( Steffens, 1981 ), y ( Barnabe, 1991 ), quienes encontraron que tanto la tasa de crecimiento como la de la utilización de la proteína en truchas alimentadas con una dieta relativamente baja en proteína puede superarse siempre y cuando se incremente el nivel de grasa en la dieta.

De acuerdo con los valores promedios del ( F.C.A. ), el Cinvestav, Pedregal y Albamex tuvieron registros de 1.51, 1.75 y 1.80, respectivamente ( **cuadro 2** ). Estos se encuentran en los rangos permisibles para esta especie, según: Laird y Needhman, ( 1988 ). Los cuales mencionan que cuando son utilizados alimentos peletizados comerciales para trucha, es usual obtener valores de este parámetro de 1 a 2 unidades, que dependen de varios factores, entre los que destacan: talla, temperatura, tasa de alimentación y composición del alimento.

Cabe destacar, que el Pedregal reporta 1.5 de F.C.A. para la engorda de trucha con tamaños de partícula de 3.20 - 4.80 mm, lo cual no es congruente con lo encontrado en el presente trabajo ya que este registró un F.C.A. de 1.75. Esto puede explicarse al balanceo de los nutrientes en la dieta, como fue mencionado anteriormente o bien el fabricante lo hace con la finalidad de reducir costos en su elaboración. Los demás marcas comerciales sólo hacen referencia que el producto puede llegar a dar una conversión alimenticia de menos de 2 unidades. Albamex es el único que coincide con los intervalos reportados por su etiqueta de control de calidad.

La Hacienda y Purina presentaron valores promedio de: 3.12 y 2.22, respectivamente ( **cuadro 2** ). Estos se encuentran por arriba de lo reportado, esto se debió al balanceo inadecuado en la dieta. Lo cual también fue confirmado por el análisis proximal efectuado ( **cuadro 5** ) donde se puede apreciar que los lípidos estuvieron escasos ocasionando deficiente utilización de la proteína; de igual forma los carbohidratos y la fibra fueron detectados en mayor proporción según lo sugerido para esta especie.

De manera general podemos observar un comportamiento bien definido en la tasa de eficiencia proteica. Es decir, cuando se incrementa el factor de conversión del alimento esta disminuye y viceversa; asimismo la dieta del Cinvestav, presentó los mejores resultados del F.C.A. ( **cuadro 2** ) y el proximal del alimento detectó 10 % más de proteína de lo esperado ( **cuadro 10** ) lo que provocó la disminución de la tasa de eficiencia proteica. Esto es congruente por lo señalado por ( Steffens, 1981 ). Quien reporta que incrementado el nivel de proteína en la dieta, se obtienen mejores resultados en la tasa de crecimiento y conversión del alimento pero se reduce la tasa de eficiencia proteica.

La tasa de eficiencia proteica de manera global mostró un comportamiento inversamente proporcional con el F. C. A. variando de 1.04 a 1.88, estas diferencias fueron mostradas por el andeva con  $\alpha = 0.05$ . Con los recorridos múltiples ( D. M. S. M., con  $t = 0.05/10$  gl ) fueron establecidos 6 tratamientos diferentes: Albamex - Cinvestav, Albamex - Hacienda, Pedregal - Purina, Albamex - Purina, Cinvestav - Pedregal y Hacienda - Pedregal. Esto se debió a que las diferencias en este parámetros estuvieron por arriba de 0.40 g, mientras que las diferencias de menos de 0.22 g no fueron detectadas por las cuatro comparaciones restantes.

### **3) Diseño experimental 2 ( Ensayo de densidad )**

#### **1.- Parámetros poblacionales**

Durante 83 días de trabajo experimental fueron probadas 3 densidades de carga diferentes: 35, 45 y 55 org/m<sup>3</sup>, con tres repeticiones por tratamiento utilizando alimento balanceado de la marca el Pedregal. El porcentaje de sobrevivencia promedio fue de 82 %. Cabe destacar, que las repeticiones aplicadas ninguna logró finalizar con el 100 % de sobrevivencia, lo cual provocó que no hubiera repetibilidad en el experimento ( **cuadro 3** ).

La mortalidad ocurrida no estuvo asociada con ningún parámetro físico / químico del agua en particular, esto fue debido a los aclareos realizados como se mencionó en el ensayo de alimentación ocasionados por heterogeneidad en la tallas de la población.

Derivado de los resultados obtenidos en cuanto a mejor ganancia en peso promedio se refiere, la densidad de 36 org/m<sup>3</sup> fue la mejor, lo cual quedo confirmado como lo avalan los registros poblacionales ( **cuadro 3** ). Es decir, este tratamiento fue el primero en acercarse a la talla comercial de 250 g, con 243.04 g y biomasa promedio total de 8.81 Kg. Sí bien es cierto no fue el mejor peso total, esto se debió al número de organismos por metro cúbico. Esto es congruente por lo reportado por (Trzebiatowski *et al*, 1981) quien obtuvo rendimientos de 7.7 Kg/m<sup>3</sup>, utilizando densidades de 33 org /m<sup>3</sup> y cosecha de 246 g de peso promedio.

Existen antecedentes de trabajos realizados por diversos autores en dos estados del País, los cuales trabajaron con trucha arco iris en jaulas flotantes evaluando el crecimiento. En la laguna de Quechulac en el Estado de Puebla ( Marin, 1988 ) reportó que la mejor densidad fue de 36 org/m<sup>3</sup>, utilizando alimento balanceado de la marca Albamex. Hecho que coincide con el presente trabajo aunque no se utilizó la misma marca de alimento, cabe aclarar, que la talla de siembra y cosecha, el tiempo experimental, y el rendimiento fueron diferentes. Asimismo. ( Olmos y Zendejas, 1987 ) evaluaron el crecimiento de ésta especie en Matzinga en el Estado de Veracruz; quienes también registraron valores parecidos al presente ensayo en cuanto a densidad y talla de siembra se refiere con 29 org/m<sup>3</sup> y 85.10 g, respectivamente. Cabe aclarar, que el rendimiento que ellos obtienen de 10.10 kg/m<sup>3</sup> fue diferente al que se reportó de 8.41 kg/m<sup>3</sup>, ya que la talla de cosecha la estiman hasta los 350 g y en este ensayo la cosecha se realizó hasta los 243.04 g. De igual forma también fue diferente el tiempo experimental de 211 días y el alimento utilizado de la marca el "gigante" (**cuadro 10**).

**CUADRO ( 10 )**  
**COMPARACION DE TRABAJOS REALIZADOS EN JAULAS**  
**FLOTANTES CON TRUCHA ARCO IRIS EN MEXICO**

Autor	Tiempo experimen tal ( días )	Densidad ( org/m <sup>3</sup> )	Peso en gramos		Rendimien tos ( Kg/m <sup>3</sup> )	Marca de alimento utilizado
			SIEMBRA	COSECHA		
Marin J. H. ( 1988 ) Puebla	180	36	2.50	160	5.80	ALBA MEX
Zendejas y Olmos ( 1987 ) Veracruz	147 (211)*	34 (29)*	5.65 (85.10)*	85.10 (350)*	2.89 (10.10)*	GIGANTE GIGANTE*
Escobar y Jiménez ( 1988 ) Hidalgo	83	36	86.06	243.04	8.80	PEDRE GAL

( \* ) Estos valores fueron interpolados para estimar a 350 g.

## 2.- Tasa de crecimiento

De forma general fueron observados crecimientos ascendentes en las tres densidades aplicadas. Al inicio estos fueron muy parejos, sin embargo, conforme fue transcurriendo el tiempo estos presentaron diferencias en ganancia en peso (**figura 6**). Al término de la prueba, los mejores crecimientos fueron encontrados en la densidad de 36 hecho que coincide con las curvas de crecimiento que reporta ( Trzebiatowski,

1981 ) bajo condiciones de cultivo semejantes; seguido por el tratamiento de 29, y por último el de 45 org/m<sup>3</sup>.

Trabajos realizados han mostrado que la tasa de crecimiento con salmónidos es influenciada por la densidad ( Refstie, 1977 ). Papoutsoglu *et al*, ( 1987 ) describe que bajo condiciones de producción comercial la tasa de crecimiento más baja se encontró con densidades altas. Holan *et al*, ( 1990 ) reporta que la tasa de crecimiento disminuyó significativamente cuando se utilizaron densidades altas e idénticos regímenes de alimentación que compensaron la fuerte competencia y el número de agresiones cuando el espacio es reducido. En el presente estudio, en términos generales coincide con lo reportado por los autores antes citados ya que la densidad con 36 org/m<sup>3</sup> fue mejor que la de 45 org/m<sup>3</sup>. Sin embargo, la densidad de 29 org/m<sup>3</sup> no alcanzó los crecimientos esperados, ya que estos fueron los más bajos. Esto no tiene ninguna explicación razonable, ya que este tratamiento estuvo bajo las mismas condiciones que las otras densidades probadas.

### 3.- Parámetros nutricionales convencionales

De manera general se puede decir que el F.C.A. promedio presentó variaciones mínimas en los tratamientos de 36 y 45 org/m<sup>3</sup> con 1.45 y 1.57, respectivamente. Lo cual es congruente con ( Trzebiatowski, *op cit* ) quien menciona que la tasa de conversión del alimento incrementa con la densidad. En cambio la densidad de 29 org/m<sup>3</sup> registró los valores altos e inestables con 1.82 unidades, a pesar que los otros tratamientos contaban con menos espacio ( **cuadro 4** ).

Cabe hacer notar que el F.C.A. de 1.75 registrado en el ensayo de alimentación con densidad final de 28 org/m<sup>3</sup> fue muy parecido al de 29 org/m<sup>3</sup> con 1.82 de este ensayo ( **cuadro 4** ).

De igual forma que en el ensayo de alimentación se observó la misma tendencia de proporcionalidad con la T.E.P., es decir, cuando uno aumenta el otro disminuye.

### 4) Análisis bromatológico

El alimento utilizado tanto en el ensayo de alimentación y densidad, fue comparado con los porcentajes de nutrientes que se encuentran reportados por la etiqueta del control de calidad por el fabricante de alimentos balanceados, la cual

viene acompañada en cada bulto de alimento adquirido. Cabe mencionar que la marca de la Hacienda no trajo consigo su respectiva etiqueta de garantía, sólo traía un papel donde indicaba lo siguiente Trucha "engorda" ( cuadro 11 ).

El análisis próximal que reporta el fabricante es expresado en valores de mínimo y máximo de los porcentajes de cada uno de los nutrientes. Asimismo, ninguna marca reporta fecha de elaboración y caducidad, respectivamente. Y aunado al mal almacenamiento de la mayoría de los productores de este producto provoca en algunos casos que el alimento se llegue a descomponer por rancidez o aparición de hongos.

La marca de alimento el Pedregal es la única que ofrece 4 tamaños de partícula para la engorda de trucha arco-iris, en cambio los demás sólo ofrecen una presentación de su producto para esta etapa de desarrollo. La dieta experimental fue diseñada para satisfacer los requerimientos nutricionales de la especie, tomando en cuenta para su elaboración diferentes tamaños de partícula dependiendo del estadio de desarrollo de los peces.

El alimento fue macerado en el caso de: Albamex, Purina y Hacienda con la finalidad de homogeneizar el diámetro de partícula de acuerdo al tamaño del Pedregal y Cinvestav, los cuales fueron suministrados como venían en sus presentaciones originales.

El porcentaje de proteína para Albamex presentó variación del 2 % con lo que reporta su etiqueta de garantía, en cambio, los restantes: Cinvestav, Pedregal y Purina registraron diferencias con lo reportado de: 10, 7 y 8 %, respectivamente.

Los lípidos fueron encontrados en mayor proporción según lo reportado, existiendo variaciones de: 2, 3 y 4 % para los alimentos de Pedregal, Albamex y Cinvestav, respectivamente. Purina fue la excepción ya que presentó 8 % menos de lo indicado.

Los carbohidratos para Albamex estuvieron 2 % menos por lo señalado, en cambio el Cinvestav y Purina registraron mayor proporción de este nutriente del 2 y 18 %. Hacienda y pedregal no reportan estos componentes.

La fibra fue observada de manera general con ligeros incrementos según lo señalado por el fabricante. El Cinvestav y la Hacienda no reportan este nutriente, sin embargo, se registró 3.62 y 7.00, respectivamente.

La ceniza en Albamex y Purina fue de 5 y 4 % menor de la que reportan sus fabricantes. Cinvestav y la Hacienda no hacen referencia de este nutriente. El Pedregal es el único que coincide con lo que señala en la etiqueta de garantía.

La humedad sólo fue reportada por tres marcas de alimento: Albamex, Pedregal y Purina, los demás no hacen referencia de este elemento. Cabe aclarar que el análisis químico experimental no fue posible realizarlo, ya que las muestras durante su transportación fueron contaminadas por hongos.

De manera global se puede decir que el análisis proximal efectuado a los alimentos utilizados confirmó lo reportado por el fabricante con algunas variaciones en el contenido de los componentes.

**CUADRO ( 11 )**  
**ENSAYO DE ALIMENTACION / DENSIDAD**  
**COMPARACION TEORICA / PRACTICA DE LOS ALIMENTOS BALANCEADOS**  
**PARA LA ENGORDA DE TRUCHA ARCO-IRIS ( *Oncorhynchus mykiss* )**

	ALBAMEX		CINVESTAV		HACIENDA		PEDREGAL		PURINA	
	( 1 )	( 2 )	( 1 )	( 2 )	•	( 2 )	( 1 )	( 2 )	( 1 )	( 2 )
PRO TEINA	34.00	36.10	45.00	55.20		36.21	38.00	31.58	45.00	37.54
LIPI DOS	2.00	4.78	12.00	7.73		4.25	10.00	11.74	11.00	2.99
E. L. N	32.00	29.90	11.00	12.87		30.06	♦	28.20	13.00	31.21
FIBRA	8.00	8.67	♦	3.62		7.00	3.00	4.73	5.00	6.20
CENI ZA	12.00	7.55	♦	10.96		9.60	13.00	12.93	14.00	8.09
HUME DAD	12.00	13.00		10.00		13.00	10.00	11.00	12.00	14.00

( \* ) El análisis químico ( proximal del alimento ) fue realizado en las instalaciones del Centro de Investigaciones de Estudios Avanzados del I. P. N. (unidad Mérida), en el laboratorio de acuicultura.

( • ) El alimento no traía consigo etiqueta de garantía, sólo venía acompañado de un papel que indicaba " trucha engorda ".

( 1 ) Reporte de la etiqueta de garantía del contenido de nutrientes.

( 2 ) Reporte experimental del contenido de nutrientes.

Los porcentajes de los nutrientes en dietas elaboradas para trucha arco-iris, divulgada por diferentes investigadores que han trabajado con esta especie, fueron comparados con el análisis próximo realizado en los alimentos probados en este experimento. Los valores promedios de manera general son aceptables ya que todos se encuentran en los intervalos recomendados para cultivar esta especie. Sin embargo, ( Barnabe, 1991 ) menciona que sí se considera prioritario el ahorro de proteína en la dieta, entonces, se tiene que el aporte óptimo de proteína es del 35 % con la condición que se incorpore el 18 % de lípidos en lugar del 7 - 10 % como tradicionalmente se recomienda. Cabe destacar, que los carbohidratos fueron los que se encontraron por arriba de lo reportado ( cuadro 12 ). La dieta del Cinvestav fue la única que presentó el porcentaje de nutrientes recomendados, a excepción del contenido de proteína que estuvo 10 % más de lo proyectado. El resto de los alimentos sólo se aproximaron a los valores recomendados ( cuadro 11 ).

**CUADRO ( 12 )**  
**COMPARACION TEORICA / PRACTICA DE LOS NUTRIENTES**  
**PARA LA ENGORDA DE TRUCHA ARCO - IRIS**

PORCENTAJE DE NUTRIENTES	BIBLIOGRAFIA		ANALISIS PROXIMAL EXPERIMENTAL
	AUTOR	PORCENTAJE RECOMENDADO	PROMEDIOS
PROTEINA	Dabrowska, et al., 1977	35 a 40	39.33
LIPIDOS	Yu, et al., 1972	10	6.29
CARBOHIDRATOS	Refstie, et al., 1981	menos de 20	26.45
FIBRA	Bryant, et al., 1980	1 a 5	6.04
CENIZA	Bryant, et al., 1980	menos de 10	9.83

El análisis próximo de la composición del cuerpo de los organismos experimentales mostró de manera general disminución del porcentaje de proteína e incremento en los niveles de lípidos ( cuadro 6 ). Esto coincide con lo investigado por

( Satia, 1974 ), el cual encuentra una correlación entre la reducción del contenido de proteína y el incremento de lípidos en trucha arco iris alimentadas con dietas experimentales de 30 a 35 % de proteína, las cuales al finalizar la prueba terminaron con más grasa pero menos proteína.

### **5) Análisis histopatológico**

Derivado del análisis histopatológico fueron observados daños en las branquias en los peces experimentales que pueden deberse al manejo o a la calidad del agua. Asimismo, la grasa detectada en el hígado de los peces bajo cultivo fue hallado en diferentes niveles, sin embargo, la cantidad de grasa es normal cuando se trabaja con dietas artificiales. La degeneración de las células hepáticas en el tratamiento del Pedregal y Purina puede deberse a rancidez en el alimento, lo cual tendría que verificarse con otro tipo de prueba para confirmar esta posibilidad. De forma general, los resultados no indican ningún cambio mayor a la fecha de terminación del experimento en ninguna de las dietas que causará problemas en el crecimiento. Pero quizás a largo plazo estos daños iniciales podrían acentuarse y entonces sí afectar en el desarrollo de los peces. Esto coincide con lo que reporta ( Barnabe, 1991 ) quien encuentra que la trucha arco - iris soporta en sus raciones contenidos altos de lípidos hasta el 25 % sin daño aparente.

### **6) Análisis estadístico**

Este análisis sólo se realizó en el ensayo de alimentación, en el caso del ensayo de densidad como oportunamente se mencionó no fue posible concretarlo por falta de repetibilidad en el experimento. El análisis estadístico *a posteriori* confirmó las diferencias existentes entre los cinco alimentos utilizados. Derivado de las 10 comparaciones efectuadas entre estos se puede decir que: Albamex, Pedregal y Cinvestav fueron similares en sus efectos, mientras que Purina y la Hacienda fueron diferentes, lo cual también fue soportado por los parámetros: poblacionales y nutricionales convencionales ( **cuadro 8 y 2** ), respectivamente.

Por lo que, se puede hacer la distinción plenamente de tres grupos bien definidos: en el primero identificamos a Cinvestav y Albamex, en el segundo a Pedregal y Purina y en el tercero a la Hacienda.

Resulta evidente que dentro del **primer grupo** la dieta del Cinvestav fue el mejor alimento desde cualquier perspectiva que se observe: F.C.A., T.E.P., tasa de crecimiento, ganancia en peso etc. Albamex presentó resultados similares, por lo que es aceptable para cultivar esta especie.

Dentro del **segundo grupo**, podemos observar homogeneidad en sus resultados más no en su calidad. El balanceado del Pedregal resultó el mejor de este grupo, siguiendo un comportamiento muy parecido al del primer grupo en cuanto a crecimiento se refiere a través del experimento ( **figura 5** ) con diferencias de peso promedio final de 9.50 g ( **cuadro 1** ). Asimismo este alimento tuvo resultados similares con la dieta del Cinvestav en cuanto a parámetros nutricionales se refiere por lo que también se recomienda para cultivar trucha arco-iris para la etapa de engorda.

El alimento Purina sigue una ruta ascendente de crecimiento, particularmente evidente a partir de los 15 a los 95 días de cultivo experimental ( **figura 5** ). Sin embargo, las diferencias de ganancia en peso fueron bastante notorias con respecto al primer grupo de 38.6g ( **cuadro 1** ). Esto pudo deberse al bajo contenido de grasa en la dieta como fue confirmado por el análisis bromatológico realizado ( **cuadro 5** ). Lo que provocó abatimiento en la tasa de crecimiento y conversión del alimento (Barnabe, 1991). Lo cual podría superarse si se incrementa el porcentaje de lípidos en la dieta, como ocurrió con el alimento el Pedregal.

El balanceado de la Hacienda, ubicado en el **tercer grupo** presentó problemas graves de calidad en su composición lo que originó resultados bastante desalentadores en comparación con los otros alimentos. Al parecer la falta de grasa en el alimento, como sucedió con los otros pudo ser la causa y aunado a esta situación la mala calidad de este, como se observó en la práctica, ya que este al macerarlo se disgregaba debido tal vez a los ingredientes utilizados en su elaboración.

## VIII CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

De los alimentos probados la dieta del Cinvestav resultó la mejor ya que los peces de este tratamiento fueron los primeros en llegar a los 250 g de peso promedio con rendimiento de 6.33 Kg/m<sup>3</sup>. y parámetros nutricionales de FCA = 1.51 y TEP = 1.24.

Las enfermedades nutricionales asociadas con dietas artificiales para cultivar trucha arco-iris fueron detectadas en el presente trabajo ( hipertrofia, hiperplasia, telangiectasis y degeneración de células hepáticas ). Al parecer a los 250 g apenas empiezan a ser visibles los daños, sobre todo en el hígado de los peces ocasionado por exceso de grasa en el alimento, como se pudo observar en el alimento el Pedregal. Se recomienda extender el período experimental hasta los 500 g para observar posibles daños.

Es indispensable llevar a cabo análisis proximal del alimento utilizado por parte del productor de trucha con la finalidad de asegurar la calidad que el fabricante ofrece en el mercado. De ser posible cada vez que se adquiriera nueva dotación de alimentos. En el presente trabajo sólo se realizó este tipo de análisis al final del experimento, sin embargo, se infiere que a través del FCA y la TEP que la calidad del alimento no fue constante ( **cuadro 2** ).

Los parámetros físicos y químicos del agua fueron aceptables para el cultivo y acordes a lo reportado por la bibliografía para la etapa de engorda de trucha arco-iris ( Drummond, 1988 ) ( **cuadro 9** ). Estos no tuvieron influencia directa durante el experimento ya que se mantuvieron de manera general constantes a excepción de la temperatura que por breves momentos se incremento hasta los 23 °C ocasionando trastornos en el metabolismo de los peces bajo cultivo al momento de proporcionarles el alimento. Es indispensable monitorear este parámetro constantemente durante la época de estiaje que nos permita conocer en que momento la temperatura se incrementa y entonces reducir el consumo de alimento bajo estas condiciones y por consiguiente evitar la pérdida de organismos por este fenómeno natural.

A partir de los resultados obtenidos los alimentos fueron agrupados de la siguiente forma: el primer grupo de alimentos empleados en el ensayo de alimentación fue de los mejores, ocupando el primer sitio la dieta del Cinvestav, seguido por Albamex con peso promedio de 251 g. En el segundo grupo el Pedregal fue el mejor, destacando

por sus parámetros nutricionales, seguido de Purina. Y el tercer grupo finalizó la Hacienda. El análisis estadístico confirmó las diferencias que existieron entre estos tratamientos con un  $\alpha$  de 0.05.

El primer grupo de alimentos utilizados son los más idóneos para cultivar trucha arco iris. Purina puede ser recomendado siempre y cuando el fabricante aumente el nivel de lípidos hasta 18 % con 35 % de proteína en el alimento ( Barnabe, 1991 ). La Hacienda no se recomienda para cultivar esta especie debido a los malos resultados encontrados experimentalmente.

La densidad óptima encontrada por jaula fue de 36 org/m<sup>3</sup>, utilizando juveniles de trucha arco-iris de peso promedio inicial de 87.63 utilizando alimento el Pedregal con una conversión alimenticia de 1.45 y producción de 8.81 Kg/m<sup>3</sup>.

Para tratar de optimizar el alimento balanceado empleado se sugiere utilizar las siguientes marcas: El pedregal o Albamex, considerando las tablas de alimentación que el fabricante recomienda con muestreos poblacionales cada 15 días y densidad de 36 org/m<sup>3</sup>. Probando el siguiente diseño experimental con la finalidad de conocer el grado de influencia de la frecuencia y el número de días de alimentación durante el cultivo:

<b>DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA RELACION FRECUENCIA / DIAS DE ALIMENTACION CON EL INDICE DE CONSUMO ( BARNABE, 1991 )</b>				
<b>Número de días de alimentación</b>	<b>Frecuencia de alimentación por día</b>			
	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>7</b>	<b>1.53</b>	<b>1.50</b>	<b>1.44</b>	<b>1.29</b>
<b>6</b>	<b>1.52</b>	<b>1.50</b>	<b>1.46</b>	<b>1.31</b>
<b>5</b>	<b>1.53</b>	<b>1.51</b>	<b>1.46</b>	<b>1.31</b>
<b>Media</b>	<b>1.53</b>	<b>1.50</b>	<b>1.46</b>	<b>1.30</b>

Es necesario conocer el comportamiento de la columna de agua en el embalse tanto espacial como temporalmente, que permita identificar zonas de agua más fría que ayuden a reducir el ciclo de producción y aumentar la densidad de carga de las jaulas. Para lo cual se requiere de un trabajo limnológico del embalse ( Trzebiatowski, 1981 ).

## *IX LITERATURA CITADA*

♦ Aguilera, H. P. y Noriega, C. P. ( 1985 ). La trucha y su Cultivo. Manuales Técnicos de Acuicultura. FONDEPESCA, México, D. F. 60p.

♦ A.O.A.C. ( 1984 ). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. Washington, U.S.A. 114 p.

♦ A.P.H.A. ( 1965 ). Standart Methods for the Examination of Water Waste. Ann. Publ. Health Assoc. Inc. New York.

♦ Ayala, J. A. Z . y Pereda, C. P. ( INEDITO ). Aprovechamiento de la Infraestructura de Riego en Coacalco, Morelos, con Fines de Piscicultura Intensiva. Tesis 1983. ENEP-UNAM.

♦ Barnabe, G. ( 1991 ). Acuicultura Vol II. Omega, S. A. Barcelona. 520p.

♦ Beveridge, M. C. M. ( 1986 ). Piscicultura en Jaulas y Corrales. FAO. Doc. Tec. Pesca. (255). 100p.

♦ Bryant, P., Atak, T. and Jauncey, K. ( 1980 ). Fish Farming. Bowering Press London: 116-131p.

♦ CAICYT. ( 1987 ). Alimentación en Acuicultura. Plan de Formación de Técnicos Superiores. Programa Especial de I + D de Acuicultura. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, Madrid, España: VII. 325p.

♦ Ceballos, O. M. L. y Velázquez, E. M A. ( 1988 ). Perfiles de la Alimentación de peces y crustáceos en los Centros y Unidades de Producción Acuicola en México. GCP/RLA/075/ITA/AQUILA/FAO. Pachuca, Hidalgo. México. 139p.

♦Coche, A. G. ( 1976 ). A General Review of Cage Culture its Application in Africa, FAO. Tech. Cont. Aqua. Kyoto, Japan. 26 may-2 jun. kir: Ac/ conf. 72:76. 33p.

♦Collins, R. A. ( 1971 ). Culturing Trout in Cages. National Marine Fisheries Service. Arkansas Research Project. 2-133-R-1: 1,12 p.

♦Dabrowska, H. and Wojno, T. ( 1977 ). Studies on the Utilization by rainbow trout ( *Salmo gairdneri* Rich. ) of Feed Mixtures Containing Soya Bean Meal and an Addition of Amino Acids. Aquaculture, 10: 297-310.

♦Dirección de Planeación. Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación. ( 1970 ).

♦Drummond, S. S. ( 1988 ). Trout Farming Hand Book . Fishings News Books LTD. Farnham, Surrey, England. 180p.

♦Edwards, D. J., Austreng, E., Risa, S. and Gjedrem, T. ( 1977 ). Carbohydrate in Rainbow Trout Diets. 1. Growth of Fish of Different Fed Diets Containing Different Proportions of Carbohydrate. Aquaculture 11: 31-38.

♦Espinoza, H. M. R., y Velázquez, E. M. A. ( 1989 ). Diagnósis del Estado Actual del Cultivo de la Trucha Arco-iris de México. SEPESCA. México D. F. 73p.

♦ECOPLANEACION S.A. ( 1986 ). Proyecto de Factibilidad Técnica, Económica y Financiera. Memoria Técnica I. México D.F. 84 - 144p.

♦Flores, N. A. ( 1986 ). El sistema Raching en Combinación con el Cultivo de Jaulas Flotantes de *Salmo gairdneri* R. Primer Simposio Nacional de Acuicultura. Pachuca, Hgo. México .

♦García, E. M. ( 1980 ). Apuntes de Climatología. Larios, México.

♦Holm, J. C., Refstie, T. and Bo, S. ( 1990). The effect of fish density and feeding regimens on individual growth rate and mortality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 89:225-232.

♦Huet, M. ( 1983 ). Tratado de Piscicultura. Mundi - Prensa , España: 93-137p.

♦Infante, G.S. y Zarate de Lara, P. G. ( 1988 ). Métodos Estadísticos un enfoque interdisciplinario. Trillas. México D. F. 643p.

♦Kendall, R. L. ( 1988 ). Taxonomic Changes in North American Trout Names . The Progressive Fish - Culturist. Vol 50 (4) 189.

♦Klontz, W. G., Downey, C. P. and focht, L. R. ( 1985 ). A Mannual for Trout and Salmon Production . Sterling H. Nelson and Sons, Inc. Murray, Utah 47p

♦Klontz, W. G. ( 1991 ). Producción de trucha arco iris en granjas familiares. Moscow, Idaho. 88p.

♦Laird, L. M., and Needham T. ( 1988 ). Salmon and Trout Farming. Halsted Press. Ontario, Canada.

♦Little , T. M. y Hilis, F.J. ( 1987 ). Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Limusa, México. 270p.

♦Marin, H. J. ( 1989 ). Crecimiento y Engorda de Trucha arco-iris ( *Salmo gairdneri*; Richardson, 1836 ) en Jaulas Flotantes en la Laguna de Quechulac Puebla, México. Jalapa, Veracruz. Tesis. U. V. 59p.

♦Nivon, E. K. ( 1980 ). El Factor de Condición Múltiple y el Factor de Conversión del Alimento. Manuales Técnicos de Acuicultura. Departamento de Pesca, México. 33 p.

♦Nikolsky, G. V. ( 1963 ). The Ecology of Fishes. Academic Press, London and New York. 352p.

♦Obregón, F. ( 1961 ). Cultivo de la carpa Seleccionada en México. Secretaria de Agricultura y Ganaderia. Banco Nacional de Crédito Ejidal, S. A. de C. V. Campaña Nacional de Piscicultura Agrícola. 87p.

♦Olmos, T. E. M. y Zendejas, H. J. ( 1987 ). Determinación Económica y Nutritiva de Alimentos Comerciales para trucha arco-iris ( *Salmo gairdneri* ) Dirección General Acuicultura. SEPESCA Pachuca, Hidalgo. México. 15p.

♦Orbe, M. A. y Ceneda, G. H. ( 1984 ). Guía Práctica para el Cultivo de Trucha Arco Iris ( *Salmo gairdneri* ). Manuales Técnicos de Acuicultura, Departamento de Pesca, México.

♦Papoutsoglou, S. E., Papaparaskeva - Papoutsoglou, E. and Alexis, M. N., (1987 ). Effect of density on growth rate and production of rainbow trout ( *Salmo gairdneri* Rich. ) over a full rearing period. *Aquaculture*, 66: 9-17.

♦Refstie, T. ( 1977 ). Effect of Density on Growth and Survival of Rainbow Trout. *Aquaculture*, 11 : 329-334.

♦Refstie, T. and Austreng, E. ( 1981 ). Carbohydrate in Rainbow Trout Diets. 111. Growth and Chemical Composition of Fish from Different Families fed Four levels of Carbohydrate in the diet. *Aquaculture*, 25 35-49.

♦Reyes, B. et al . ( 1987 ). Cultivo Experimental de Trucha Arco Iris ( *Salmo gairdneri* Richardson, 1836 ) en Jaulas flotantes. Primer Simposio de Acuicultura. Pachuca, Hidalgo. México.

♦Runsey, G. L., Garing, D.L., Poston , H.A., Slinger, S. J. and Windell, J. T. ( 1981 ). Nutrient Requirements of Coldwater Fishes. 16: 2-22. National Washington, D. C.

♦Rzedowski, J. ( 1983 ). Vegetación de México. Limusa, México: 263-283, 151-158 p.

♦Satia, B. D. ( 1974 ). Quantitative Protein Requirements of Rainbow Trout. College of Fisheries, University of Washington Seattle, Washington: 36(2). 80-84p.

♦SEPESCA. ( 1981 ). Jaulas Flotantes. Dirección General de Acuicultura, Departamento de Pesca. México. 16 p.

♦Spannhof, I. and Piantikow, H. ( 1983 ). Studies on Carbohydrate Digestion in Rainbow trout. *Aquaculture*, 30 : 95-108.

♦S.P.P. ( 1982 ). Carta topográfica. Huahuchinango. F14D83. Escala 1 : 250, 000.

♦S.P.P. ( 1982 ). Carta Geológica. Huahuchinango. FD 14D83. Escala 1 : 250, 000.

♦Steffens, W. ( 1981 ). Protein Utilization by Rainbow Trout ( *Salmo gairdneri* ) and Carp ( *Ciprinus carpio* ): a Brief Review. *Aquaculture* 23 : 337-345p.

♦Tacon, A. G. T. ( 1985 ). Reporte del Viaje Realizado a la Ciudad de México a la Secretaria de Pesca. Durante el 7 al 21 de Agosto de 1985 ADCP/FAO, Roma, Italia.

♦Trzebiatowski, R., Filipiak, J. and Jakowski, R. ( 1981 ). Effect of Stock Density on Growth and Survival of Rainbow Trout ( *Salmogairdneri*, Rich. ). *Aquaculture*, 22: 289-295.

♦Vasquez , H. M. y Avilés, O. S. ( 1986 ). Guía Práctica de Nutrición y Elaboración de Dietas para Trucha Arco Iris. Pachuca, Hgo., México.

♦Yu, T. C. and Sinnhuber, R. O. ( 1976 ). Growth Response of Rainbow Trout ( *Salmo gairdneri* ) to Dietary w3 and w6 Fatty Acids. *Aquaculture*, 8: 309-317.

♦Yu, T. C. and Sinnhuber, R. O. ( 1979 ). Effect of Dietary w3 and w6 Fatty Acids on Growth and Feed Conversion Efficiency of Coho Salmon (*Oncorhynchus chuskisutech*) *Aquaculture*: 16, 31-38.

♦Zendejas. H. J. ( 1987 ). Recomendaciones para Alimentación de Peces con Raciones Balanceadas. Manuales Técnicos de Acuicultura, Departamento de Pesca, México. 15p.