

01673

4

2ej



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

## EFFECTO DE LA ADICION DE CAROTENOS EN LA DIETA SOBRE LA VIABILIDAD Y FECUNDIDAD DE LOS HUEVOS DE TRUCHA *ARCO IRIS Salmo gairdneri R.*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE :  
MAESTRA EN PRODUCCION ANIMAL  
P R E S E N T A :  
SANDRA GAMEZ ETERNOD

ASESORES: MVZ. ISMAEL ESCAMILLA GALLEGOS  
M.S. JESUS ZENDEJAS HERNANDEZ

MEXICO D. F.

NOVIEMBRE 1990

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## C O N T E N I D O

	Página
I. INTRODUCCION -----	1.
II. REVISION BIBLIOGRAFICA -----	4.
II.1 Propiedades generales de los carotenos	4.
II.2 Contenido y distribución de los carotenos en los peces	6.
II.3 Importancia de los carotenos en la nutrición animal	8.
II.4 Posibles funciones de los carotenos	11.
III. HIPOTESIS DE TRABAJO -----	16.
IV. MATERIAL Y METODOS -----	17.
V. RESULTADOS Y DISCUSION -----	22.
VI. CONCLUSIONES -----	48.
VII. APENDICE -----	52.
VIII. LITERATURA CITADA -----	59.

## LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro</u>		<u>Página</u>
1	Contenido de carotenos (ppm) en huevos maduros de salmónidos.	10
2	Contenido teórico calculado de astaxantina y capsantina en la dieta vs. contenido analizado en el laboratorio.	23
3	Valor promedio del diámetro y número de huevos producidos por hembra.	30
4	Análisis de varianza del diámetro y número de huevos producidos por hembra.	30
5	Valores promedio de los porcentajes de mortandad de los huevos durante la fertilización ( 1a y 2a limpieza ) y en estado oculado ( 3a y 4a limpieza y -huevo huero ).	33
6	Análisis de varianza del porcentaje de de mortandad en la etapa de fertilización ( 1a y 2a limpieza ) y oculación ( 3a y 4a limpieza ).	33
7	Valores promedio de los porcentajes de mortandad en la etapa de eclosión ( 5a limpieza ) y alevinaje ( 6a limpieza ) y porcentaje de crías sobrevivientes	44
8	Análisis de varianza del porcentaje de huevo huero y porcentaje de mortandad - durante la eclosión ( 5a limpieza ), alevinaje ( 6a limpieza ) y porcentaje de crías sobrevivientes	44

## LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Estructura y fórmula condensada de algunos carotenoides de importancia pigmentante.	5
2	Relación del número de hembras que desovaron en cada desove para los diferentes tratamientos	25
3	Relación del diámetro de los huevos en cada desove para los diferentes tratamientos	27
4	Relación del número de huevos producidos por hembra en cada desove para los diferentes tratamientos	29
5	Relación del porcentaje de mortandad en la etapa de fertilización ( 1a. limpieza) en cada desove para los diferentes tratamientos	32
6	Relación del porcentaje de mortandad en la etapa de fertilización ( 2a. limpieza) en cada desove para los diferentes tratamientos	35
7	Relación del porcentaje de mortandad del huevo en estado oculado ( 3a. limpieza) en cada desove para los diferentes tratamientos	37
8	Relación del porcentaje de mortandad del huevo en estado oculado ( 4a. limpieza) en cada desove para los diferentes tratamientos	39

9	Relación del porcentaje de huevo huero en cada desove para los diferentes tratamientos	41
10	Relación del porcentaje de mortandad en la etapa de eclosión ( 5a limpieza ) en cada desove para los diferentes tratamientos	43
11	Relación del porcentaje de mortandad de los alevines ( 6a limpieza ) en cada desove para los diferentes tratamientos	46
12	Relación del número de crias que sobrevivieron en cada desove para los diferentes tratamientos ( expresado en porcentaje )	47

## I. INTRODUCCION

De las especies dulceacuícolas cultivadas en nuestro país, la trucha arco iris (*Salmo gairdneri* Richardson, 1836) ha adquirido un interés especial, tanto para el sector social como para el privado debido a las ventajas que ofrece su cultivo, entre las que destacan: su gran adaptabilidad para crecer y reproducirse en ambientes controlados, la posibilidad de ser engordada con alimento balanceado y el sabor y valor nutricional de su carne, lo que hace de la trucha un alimento que permite mejorar la dieta de las poblaciones rurales y constituir un producto que alcanza gran valor en el mercado. Se calcula que para el año de 1988, operaban en el país 167 granjas trutícolas, cuya producción era de aproximadamente 758 toneladas anuales (30).

A pesar de la importancia creciente de su cultivo, la truticultura ha presentado de forma casi permanente limitantes que han frenado significativamente su desarrollo, entre las que destaca de manera primordial la producción insuficiente de huevos y crías, que al no satisfacer la demanda nacional obligan a los productores a depender de la adquisición de huevo embrionado del extranjero, con la consecuente inseguridad en la continuidad de la producción, posibilidad de importar organismos infectados con

enfermedades virales y la fuga de divisas (38).

Entre los truticultores existe la idea generalizada de que los huevos de trucha silvestre altamente pigmentados tienen una mejor calidad que los huevos producidos en criaderos artificiales, los cuales cuentan con un contenido de carotenoides varias veces inferior (14, 15).

(11, 44 y 49) han propuesto que los carotenos pueden desarrollar una serie de funciones durante el ciclo reproductivo de los peces, como son: su acción como posibles hormonas fertilizantes, incremento en la tasa de crecimiento, maduración y fecundidad, reducción de la tasa de mortalidad durante el desarrollo embrionario, incremento en la capacidad para tolerar condiciones ambientales adversas ( temperaturas elevadas, altas concentraciones de amonio, tolerancia a daños por exposición a la luz y una cierta función respiratoria en condiciones de oxígeno limitado ).

Hasta el momento, existen pocos experimentos para probar tales suposiciones y los resultados obtenidos son dispersos y contradictorios, de ahí que surgiera la idea de realizar este trabajo, cuyos objetivos son:

- Evaluar el efecto de la adición de 3 niveles de carotenos en la dieta sobre la fecundidad de las hembras reproductoras de



trucha arco iris y la viabilidad de los huevos producidos.

- Comparar la efectividad de dos tipos de pigmentos: uno de origen natural ( capsantina ) y otro sintetizado artificialmente ( astaxantina ).

## II. REVISION BIBLIOGRAFICA

### II.1 PROPIEDADES GENERALES DE LOS CAROTENOS

El color amarillo, anaranjado y rojo que se presenta en la piel y en los huevos de los peces salmónidos se debe a la presencia de carotenoides (7, 17, 20).

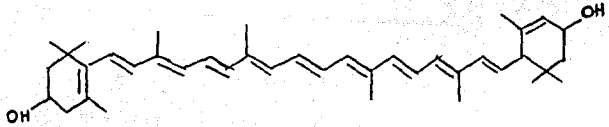
Los carotenoides constituyen un grupo de pigmentos sintetizados por los vegetales, cuyo nombre deriva precisamente del hecho de haber sido caracterizados por primera vez en la zanahoria del género Daucus carota (1).

De acuerdo a la definición de Karrer, aceptada por la unión Internacional de Química, los carotenoides son pigmentos que pueden presentar estructuras alifáticas, alifáticas-alicíclicas o aromáticas, compuestas de unidades isopreno de cinco carbonos, usualmente ocho, las cuales se hallan sustituidas por grupos metilo en las posiciones 1:5 y 1:6. La serie o sucesión de los dobles enlaces conjugados determina sus diferentes coloraciones y propiedades químicas (sistema cromofórico) (1, 7, 20).

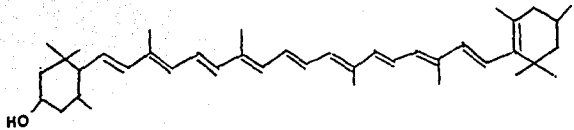
Los carotenoides se pueden dividir en base a su solubilidad y composición química en dos grupos: los carotenos y las xantofilas u oxicarotenoides. Dentro de los primeros se incluyen a los compuestos hidrocarbonados que no contienen grupos

FIGURA 1  
ESTRUCTURA Y FORMULA CONDENSADA DE ALGUNOS  
CAROTENOIDES DE IMPORTANCIA PIGMENTANTE

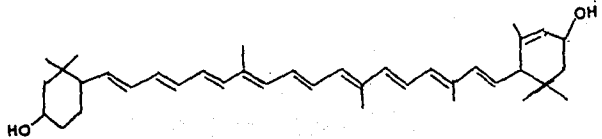
BETA-CAROTENO  
(  $C_{40}H_{56}$  )



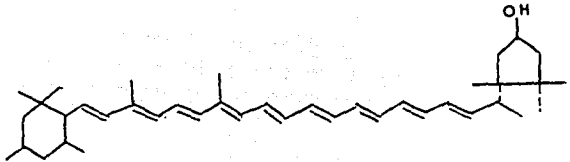
LUTEINA  
(  $C_{40}H_{56}O_2$  )



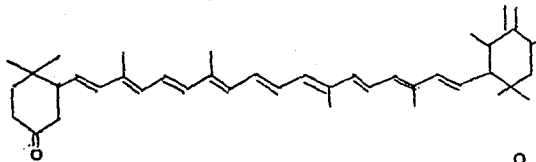
ZEAXANTINA  
(  $C_{40}H_{56}O_2$  )



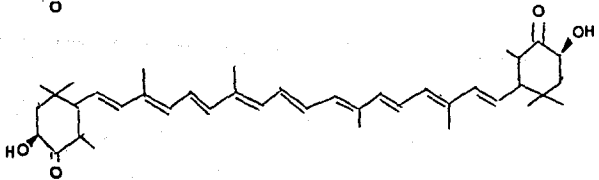
CAPSANTINA  
(  $C_{40}H_{56}O_3$  )



CANTAXANTINA  
(  $C_{40}H_{52}O_2$  )



ASTAXANTINA  
(  $C_{40}H_{50}O_4$  )



sustituidos, como son el alfa-caroteno, el beta-caroteno y el licopeno. Las xantofilas son compuestos derivados de los carotenos con grupos hidroxilo, furano, epoxi y oxo; entre ellos se encuentran: la luteína, la zeaxantina, la violaxantina, la astaxantina y la cantaxantina (figura 1) (1, 7, 20, 27).

Existen más de 200 carotenoides naturales de estructura química conocida, que pueden ser empleados como colorantes en la industria alimentaria, como la capsantina, que es un carotenoide rojo presente en los frutos de las plantas del género Capsicum sp (pimentón) y que se emplean para pigmentar carne y yema de huevo (7, 8).

Otros pigmentos han podido ser sintetizados artificialmente como la astaxantina, que constituye el carotenoide más abundante de algunos organismos acuáticos como los crustáceos del género Penaeus sp (camarón), copépodos planctónicos (Calanus firmarchius), krill (Euphausiids) etc. y que en la actualidad se añade a la dieta de un buen número de peces para lograr la pigmentación de la carne y la piel (7, 31, 32).

## 11.2 CONTENIDO Y DISTRIBUCION DE LOS CAROTENOS EN LOS PECES

Los peces son incapaces de sintetizar carotenoides de

novo, por lo que deben de ingerirlos a través de la dieta (2, 9, 31).

Los mamíferos absorben preferentemente carotenos, en tanto que los peces y las aves, muestran una absorción preferencial por los oxicarotenoides. Ciertos peces, pueden transformar los carotenoides de la dieta y depositar los productos finales en sus tejidos. Los salmónidos no son una excepción a esta regla. Trabajos realizados por ( 20, 39 ) muestran que para el caso de la trucha arco iris los principales carotenoides que pueden ser encontrados en la piel en forma esterificada en el cromatóforo, son: la astaxantina, taraxantina, luteína y el beta-caroteno. En tanto que en el músculo, los pigmentos mas importantes son: la cantaxantina, la astaxantina, las xantofilas amarillas, la luteína, 3 epiluteína y zeaxantina, y en el bazo y semen se encuentran el beta-caroteno, cantaxantina, el 4-hidro-4-ceto-beta-caroteno, luteína y astaxantina (14, 15, 17, 20, 39).

Durante la formación del huevo y el semen, se presenta una sorprendente movilización de algunos de estos pigmentos hacia el ovario y la piel de los machos, permitiendo que en el ovario se encuentren cantidades importantes de luteína, astaxantina y iodoxantina (11, 14, 15, 20, 39).

Por su parte, los carotenoides existentes en el huevo

son: la luteína, el beta-caroteno, la astaxantina y una serie de xantofilas desconocidas. La cantaxantina solamente aparece en los huevos de trucha cuando estos son pigmentados artificialmente (19).

Probablemente no exista otro componente de los huevos de salmonidos que muestre mayor variación intraespecífica, tanto en cantidad como en cualidad, que el contenido de carotenos, tal y como puede apreciarse en el cuadro 1 ( 11 ).

### II.3 IMPORTANCIA DE LOS CAROTENOS EN LA NUTRICION ANIMAL

La función de los carotenoides en la nutrición de los peces debe de ser reconsiderada debido a que los carotenoides además de su función criptogámica tienen otras funciones, que a nivel molecular no han sido dilucidadas, del mismo modo que la influencia hormonal que regula su absorción y distribución en los organismos permanece obscura. En los salmónidos, donde los carotenoides se acumulan en la piel y órganos reproductivos, su importancia en la atracción sexual y en la reproducción es indudable ( 35, 26, 39, 49 ).

En la actualidad existe una escasa evaluación entre la viabilidad de los huevos y su contenido de pigmentos. En particular, la naturaleza de esta relación es indefinida, no se

sabe por ejemplo, si hay una relación lineal entre el contenido de carotenos y su viabilidad dentro de un intervalo particular para cada especie o si hay un nivel crítico arriba del cual se pueden esperar altos porcentajes de viabilidad (11).

Los resultados obtenidos por (18, 34) citados por (11) parecen indicar la existencia de una relación no lineal, entre el contenido de carotenos y el porcentaje de viabilidad de los huevos, encontrándose en sus experimentos, que con niveles de carotenos de superiores a 3 ppm el porcentaje de fertilización y de incubación excede al 90 por ciento (para trucha arco iris), en tanto que cuando el contenido de carotenos va de 1 a 3 ppm implican porcentajes de viabilidad inferiores al 50 por ciento, lo cual sugiere la existencia de un nivel crítico en el contenido de carotenos en el huevo (23, 47).

Otro aspecto que debe ser dilucidado, es el de llegar a conocer la etapa o etapas del desarrollo embrionario, sobre las que actúa el contenido de carotenos, en este sentido, (51) citado por (11) concluyó que existía una dependencia significativa entre la mortandad en una etapa previa al estado oculado, y el contenido de astaxantina en el huevo ( $p \leq 0.02$ ), pero esta dependencia se hacía menos significativa entre el estado oculado y el de incubación ( $p \leq 0.1$ ).

Por su parte (23) encontró que la adición de cantaxantina

en la dieta de hembras reproductoras ( de 20 a 40 ppm ) era capaz de incrementar el porcentaje de fertilidad, pero no el de fecundidad.

## CUADRO 1

## CONTENIDO DE CAROTENOS EN HUEVOS MADUROS DE SALMONIDOS (ppm)

ESPECIE	CONTENIDO DE CAROTENOS	AUTOR
<u>Salmo gairdneri-irideus</u>		
silvestre	10.2 ± 0.7 (3)	Georgiev, 1971
cultivada	1.21 ± 0.11 (14)	Georgiev, 1971
silvestre	14.7 -	Murayama y Yanase,
cultivada	0.73 - 12.9	1971
cultivada	0.26	Jitariu et al, 1975
cultivada	0.63	Artman et al, 1947
cultivada	1.27	Czeczuga, 1979b
cultivada	0.07 - 0.109	Shnaverich 1968
hembras de 2 años	6.5 ± 0.4 (6)	Shnaverich, 1977
hembras de 4 años	9.5 ± 0.4 (7)	Shnaverich, 1977
cultivada	0.3	Sivtseva et al 1981
alimentada con krill	12.3	1981
alim con pig. comercial <sup>2</sup>	16.4 - 4.4 (18)	Sivtseva et al 1981 Harvey no pub. 1984
<u>Salmo trutta</u>		
silvestre	102-155	Steven, 1949
silvestre	2.9	Czeczuga, 1979b
sin fuente	0.95	Jitariu, etal, 1968
cultivada	0.129	Shnaverich, 1968
hembras de 2 años	10.8 ± 0.2 (14)	Shnaverich, 1977
hembras de 4 años	14.2 ± 0.3 (21)	Shnaverich, 1977
<u>Salmo salar</u>		
silvestre	ca .6	Glover et al, 1952
silvestre	6.39 ± 1.75 (20)	Craik y Harvey,
alim con pig. comercial <sup>3</sup>	15.9 ± 2.3 (6)	1984

rango o media ± desviación estandar (no. de hembras entre paréntesis)

<sup>2</sup> 75 ppm de cantaxantina

<sup>3</sup> estos valores están dados como mg/l de huevos

Tomada de L. E. Harris,

( 11 )



Finalmente es importante considerar, el tipo de caroteno adicionado a la dieta, en la nutrición de salmónidos algunos autores como (11) mencionan que la cantaxantina puede reemplazar satisfactoriamente a la astaxantina en huevos de salmónes y trucha arco iris, sin embargo, (17, 47) encontró que cuando suministraban cantaxantina en la dieta de trucha arco iris para pigmentar la canal, esta no pareció ser capaz de interconvertirla a astaxantina y viceversa .

#### 11.4 POSIBLES FUNCIONES DE LOS CAROTENOS

Además de su papel metabólico como fuentes dietarias de vitamina A, la función de los carotenos se ha relacionado con el cortejo y dicromatismo sexual, suponiéndose que además influye en las siguientes funciones:

##### a) Como hormona de fertilización

(24), realizó un experimento con huevos de trucha arco iris, en el que demostró que la astaxantina tenía una función de hormona fertilizante, afirmando que esta sustancia incrementaba la quimiotaxis del espermatozoide . Los resultados obtenidos por este autor han sido severamente cuestionados por otros investigadores como (20, 33, 36) debido a que carecen de un buen apoyo estadístico.

b) Fuente de pigmentos para la fabricación de cromatóforos

La función de los carotenos como fuente de cromatóforos fue conclusivamente demostrada por (44) quien trabajó con alevines incubados de trucha café, encontrando que en aquellos huevos en los que el glóbulo lipídico de la yema contenía carotenos, estos habían sido transferidos en abundancia desde el saco vitelino al embrión.

La misma función fue demostrada por (46) quien encontró que el color de los huevos de Orzyas latipes depende de la dieta suministrada a los padres, y que las hembras mantenidas con dietas libres de carotenos producían huevos de tonos más claros dando lugar a crías con células menos pigmentadas.

c) Función en la respiración

Se ha sugerido que los carotenos tanto en peces como en otros animales pueden jugar algún papel en el metabolismo oxidativo (14, 20), mencionan que los carotenos que contienen radicales oxígeno como es el caso de la astaxantina y la luteína, pueden actuar como reservas intracelulares de oxígeno, y donarlo cuando las condiciones así lo requieran. La mayor parte de las suposiciones de estos autores, provienen de trabajos realizados en moluscos marinos, quienes muestran una mayor tolerancia a condiciones de oxígeno reducido y contaminación cuando se hallan altamente pigmentados.

Para el caso de huevos de salmónidos, existen referencias rusas (33,51,) citado por (11) basadas en consideraciones bioquímicas y ecológicas en las que se hace evidente el hecho de que los huevos que después de desovados se desarrollan en ambientes en los que el suplemento de oxígeno puede ser limitado, como los enterrados en la arena, o depositados en cuevas tienen coloraciones muy intensas, a diferencia de los huevos que se desarrollan en medios ricos en oxígeno .

#### d) Protección a la luz

De acuerdo a (27), una de las funciones que ha sido ampliamente comprobada para los carotenos en los animales es la de que estos actúan como agentes protectores que previenen a las células de un daño provocado por acción fotodinámica.

Es bien conocido, que los huevos de salmónidos son sensibles a la luz blanca, dependiendo de la intensidad lumínica, la exposición de éstos de 24 a 31 horas en el estadio más sensible de su desarrollo puede llegar a causar una mortandad total de los huevos ( 37, 50 ). (22) encontró que los huevos de color rojo intenso eran más resistentes a la luz que los huevos de color rojo pálido, producidos por peces cultivados.

Contrastando con estos resultados, (48) encontró que huevos de salmónes del Atlántico con alto contenido de

astaxantina sufrieron mayor mortandad bajo condiciones de iluminación si se les comparaba con huevos que contenían bajos niveles de carotenos. Tal parece que la diferencia en los resultados se pudiera explicar en función de la longitud de onda de la luz incidente, pues posiblemente, la luz azul y ultravioleta (entre 400 y 500 nm longitud de onda absorbida por los carotenos) es más peligrosa que la luz roja o amarilla (11).

e) Resistencia a altas temperaturas y amonio

Se requiere de sumo cuidado para interpretar los reportes que indican que los huevos pigmentados muestran una mayor sobrevivencia a altas temperaturas (33), ya que los experimentos realizados por (29), a este respecto, adolecen de fallas metodológicas.

Dichos autores sugieren, que una de las principales funciones de los carotenos en los huevos de ciertos salmónidos puede ser la de disminuir la toxicidad del amonio y otras aminas tóxicas originadas a raíz del catabolismo de las proteínas. Las evidencias para realizar tales afirmaciones son: la deposición de carotenos en los huevos de ciertos salmónidos muestra un pico en los momentos en que se incrementa el metabolismo de las proteínas de los peces progenitores, el hecho de que los huevos altamente pigmentados del salmón Onchorhynchus kisutch sean más resistentes a los niveles altos de amonio, que los

huevos ligeramente pigmentados de trucha Salmo gairdneri. Y la existencia de una correlación positiva entre la intensidad de absorción luminosa para los carotenos de huevos de O. kisutch y el nivel de amonio en el agua (10).

f) Estimulante del epitelio ovarico

La distribución del pigmento carotenoides en los tejidos ováricos de los peces no ha sido investigada completamente. En términos genéricos, se sabe que los peces carecen de un tejido análogo al cuerpo láteo de los mamíferos, sin embargo, (28) reporta la existencia de un cuerpo láteo postovulatorio funcional en el pez espinoso Gasterosteus aculeatus y otros peces teleosteos. En particular, estos autores sugieren que el cuerpo luteo postovulatorio juega un papel en el mantenimiento de huevos ovulados en la cavidad ovárica a través de la secreción de esteroides, los cuales pueden estimular al epitelio ovárico para que secreta un baño fluido sobre los huevos y prevenir así su sobremaduración y por ende una fertilidad reducida (12, 42).

Por otro lado, la semejanza entre las moléculas carotenoides y el alfa-tocoferol, presente en la vitamina E, han permitido sugerir a Johnson (26) (citado por 45) que los carotenoides pueden estar actuando en el cuerpo láteo de bovinos, no tanto como precursores de hormonas, sino como antioxidantes,

constituyendo moléculas que captan el oxígeno, impidiendo el daño que este pudiera provocar dentro de la célula.

### III. HIPOTESIS DE TRABAJO

La presente revisión permite formular como hipótesis de trabajo que la adición de carotenos en la dieta de la trucha arco iris podría mejorar el potencial reproductivo de las hembras y aumentar la viabilidad de los huevos en sus diferentes estadios de desarrollo, con lo cual se contribuiría a resolver una de las principales limitantes con las que cuenta la truticultura en el México actual y eliminaría la dependencia de huevo embrionado del extranjero.

#### IV. MATERIAL Y METODOS

El presente estudio fue realizado, en el Centro Acuicola El Zarco, localizado en el kilómetro 32.5 de la carretera México-Toluca, Cuajimalpa, D. F. a una latitud de 19°17' N y 99°21' de longitud O, con una altitud de 3,400 msnm, un clima, (c(w2)(w)ci con un promedio de temperatura anual de 9° C y una precipitación pluvial de 1,520 mm (21).

El experimento fue desarrollado de acuerdo a un diseño completamente al azar, en donde la parte experimental abarcó un periodo de septiembre de 1988 a abril de 1989, utilizándose 14 estanques circulares de concreto, con una capacidad de 28.27 m<sup>3</sup> y un flujo de 84 l/min. En cada estanque se colocaron 120 truchas hembras de tres años de edad aproximadamente, talla de 35 a 45 cm, con un peso promedio de 810g, en estado reproductor.

Las truchas fueron alimentadas diariamente a razón del 1% de peso vivo, con una dieta producida por Purina<sup>2</sup> (trucha finalizador con 40% de proteína y 10% de grasa) a la que se le añadieron dos pigmentos comerciales a diferentes concentraciones: el carophyll rosa (5% de astaxantina: manufacturado por Roche)<sup>3</sup> y un pigmento de origen natural, Bio-Red (con 0.25% de

2. Purina de México: Paseo de la Reforma # 295, Piso 14, CP 0650, México, D.F.
3. Productos Roche S.A. de C.V.: Avenida Universidad # 902, México, D.F.

capsantina: manufacturado por Bioquimex\*). La dieta comercial, sin pigmento fue usada como dieta testigo y a las dietas experimentales se les modificó de acuerdo a los siguientes tratamientos:

- 1) Dieta testigo
- 2) Dieta testigo + 25 mg de astaxantina por kg de alimento (Carophyll rosa)
- 3) Dieta testigo + 25 mg de capsantina por kg de alimento (Bio-red)
- 4) Dieta testigo + 50 mg de astaxantina por kg de alimento (Carophyll rosa)
- 5) Dieta testigo + 50 mg de capsantina por kg de alimento (Bio-red)
- 6) Dieta testigo + 75 mg de astaxantina por kg de alimento (Carophyll rosa)
- 7) Dieta testigo + 75 mg de capsantina por kg de alimento

De cada tratamiento se hicieron dos réplicas.

Los peces machos, fueron mantenidos aparte y alimentados con la dieta testigo.

Una vez por semana, se revisó el estado de maduración de las hembras, separando a aquellas que mostraran signos de un desove inminente, mismo que fue realizado junto con la fecundación artificial mediante el método seco, descrito por

\* Laboratorios Bioquimex S.A. de C.V.: Avenida Nicolás San Juan # 1535 México, D.F.



Ramírez y Sevilla (37).

Tanto hembras como machos fueron enjuagados en agua fresca antes de ser exprimidos. Los huevos obtenidos se mezclaron con semen, usando el semen de dos machos para los huevos de tres hembras, permitiendo que permanecieran en reposo por dos minutos tras los cuales, fueron hidratados y contados estimándose el número total de huevecillos producidos por comparaciones volumétricas, en base al diámetro del huevo de acuerdo a lo reportado por (37).

La fecundidad de las hembras fue medida en función del número de huevos producidos y el diámetro de los mismos. En cada desove, se seleccionaron 100 ml de huevos por tratamiento, se les colocó en una caja hecha de malla metálica y se les depositó en las charolas incubadoras.

Al cabo de 24 horas de haber sido transferidos a las incubadoras, los huevos fueron revisados, extrayendo los no viables para obtener el porcentaje de huevos no fertilizados.

Del mismo modo fueron cuantificados los porcentajes de mortandad en la etapa de blastodermo (a los 5 días), en estado oculado (a los 21 y 28 días), al momento de la eclosión (entre 31 y 38 días) y en la etapa de alevín.

Una vez que se convirtieron en crías (periodo que osciló de

45 a 58 días) las truchas fueron contadas, lo que permitió estimar el porcentaje de sobrevivencia.

Para medir su coloración se tomó una muestra de 50 huevos que fueron comparados con el Abanico Colorimétrico para yema de huevo (4) y la Carta de Color para salmónidos (3), ambos producidos por Hoffman-La Roche.

#### Análisis estadístico

Se efectuó un análisis estadístico para evaluar la significancia de la fecundidad (diámetro y número de huevos producidos por hembra) y la viabilidad de los huevos (porcentaje de mortandad en la etapa de fertilización, oculación, eclosión, alevín, porcentaje de huevos hueros y sobrevivientes) a través del modelo estadístico:

$$Y_{ij} = M + C_i + B_{1j} + B_{2j} + B_{3j} + CT_{ij} + CT'_{ij} + CT''_{ij} + e_{ijk}$$

donde:

$Y_{ij}$  = la  $j$ -ésima observación que recibe el  $i$ -ésimo tratamiento

$M$  = media general

$C_i$  = carotenoide ( $i = 1..7$  dos tipos en tres dosis cada uno, mas el testigo)

$B_{1j}$  = efecto lineal del tiempo, incluido como covariable ( $j = 1..20$ )

$B_{2j}$  = efecto cuadrático del tiempo

$B_{3j}$  = efecto cúbico del tiempo

$CT_{ij}$ ,  $CT_{ij}^2$ ,  $CT_{ij}^3$  = diferencias en tendencia lineal, cuadrática y cúbica entre tratamientos

$e_{ijk}$  = error aleatorio ( $k = 1, 2$ )

Las promedios de los tratamientos fueron comparados entre sí mediante la prueba de Tukey (43) con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ . Para procesar los datos se utilizó el sistema de análisis estadístico SAS-PC (6).

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

Del análisis del cuadro 2 se observa que el alimento balanceado presentó una discrepancia entre el contenido de pigmentos teórico calculado y el real, ocasionando que en las dietas experimentales se presentara un incremento entre dosis ligeramente inferior al previsto. Posiblemente, derivada, de algún tipo de contaminación en el proceso de peleteado, el lote de capsantina a 25 ppm registró un valor superior al calculado, del mismo modo que el testigo.

Cabe aclarar que estas discrepancias fueron consideradas en el análisis estadístico de los resultados, y que de todas formas el lote considerado como testigo, tuvo la menor dosis de pigmentos misma que se fue incrementando progresivamente para las dietas experimentales.

La aparición de pigmentación en los huevos de las hembras maduras al cabo de un mes de iniciado el experimento (sobre todo para los estanques alimentados con astaxantina a 75 ppm permitió que se registrara el primer desove el día 5 de octubre de 1988 y el último el 15 de febrero del año siguiente, acumulándose un total de 20 desoves (ver apéndice).

La intensidad de la coloración adquirida por los huevos, así como su tonalidad guardó una estrecha relación con la dosis y tipo de pigmento adicionado.

## CUADRO 2

CONTENIDO TEORICO CALCULADO DE ASTAXANTINA Y CAPSANTINA  
EN LA DIETA VS. CONTENIDO ANALIZADO EN EL LABORATORIO

TRATAMIENTO (dosis calculada)	DOSIS REAL (ppm)
Testigo ( astaxantina 0 ppm ) ( capsantina 0 ppm )	4 12.9
BIO-RED ( capsantina 25 ppm ) ( capsantina 50 ppm ) ( capsantina 75 ppm )	3d 4d 66
CAROPHYLL ( astaxantina 25 ppm ) ( astaxantina 50 ppm ) ( astaxantina 75 ppm )	23 4d 66

Determinado en el Laboratorio Analítico de Roche, Bazilea, Suiza.

Para el caso de las hembras que ingirieron dietas suplementadas con astaxantina, los huevos mostraron un tono anaranjado-rojizo, que pudo ser comparado contra la carta de color para salmónidos publicada por Roche, alcanzando los valores de 16, 17 y 18 unidades a dosis de 25, 50 y 75 ppm respectivamente (3). Dosis equivalentes de capsantina, proporcionaron valores de 5 a 6, 10 y 12 a 13 en el abanico colorimétrico de Roche para yema de huevo (4), con tonalidades anaranjado amarillento. En este mismo abanico, el testigo registró valores de 1 a 2 unidades.

### Fecundidad de las Hembras

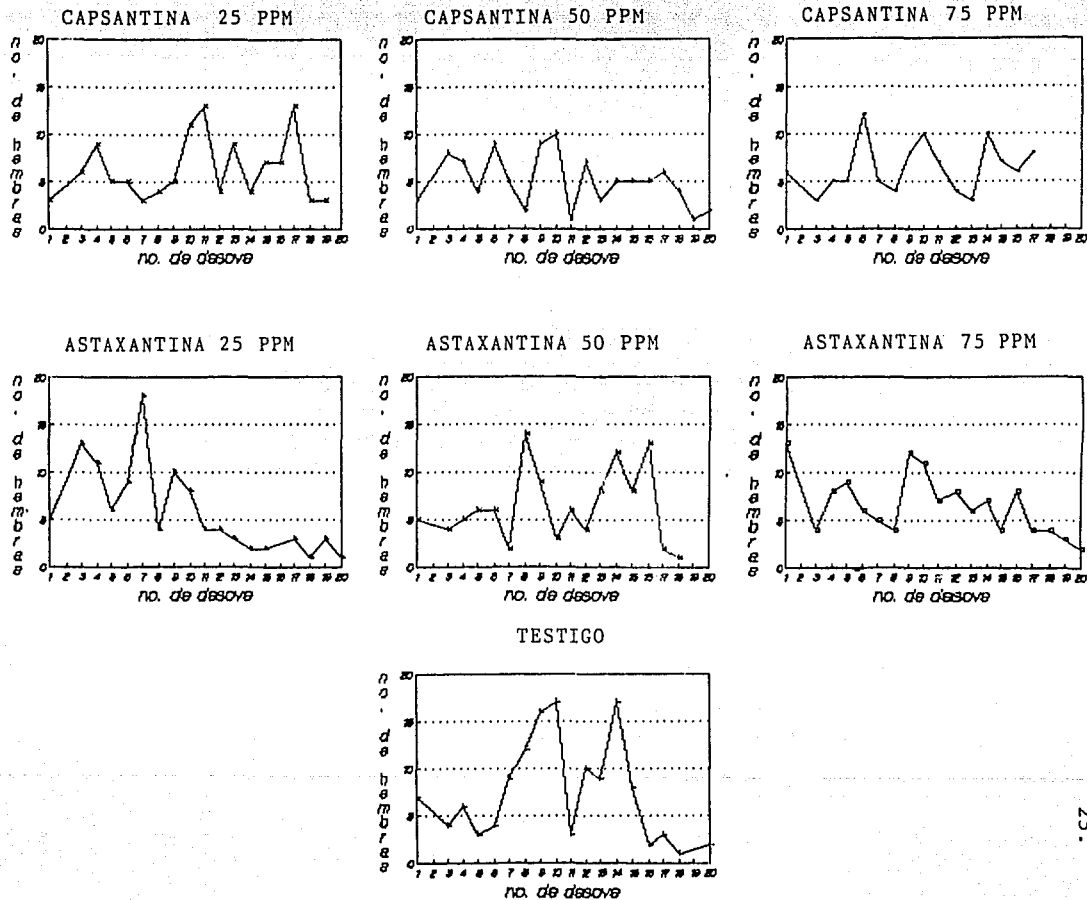
Como puede observarse en la figura 2 las curvas que describen el número de hembras que fueron madurando a lo largo de los 20 desoves difirieron entre los 7 tratamientos. Para los lotes que recibieron capsantina a 25 ppm y astaxantina a 50 ppm la curva tendió a asemejarse al testigo, en donde el mayor número de hembras maduró durante los desoves intermedios ( del 7 al 17 aproximadamente).

Otros tratamientos como el de capsantina a 50 ppm y astaxantina a 25 y 75 ppm modificaron este comportamiento registrando la mayor proporción de hembras desovadoras en la primera mitad del experimento. Notable es el caso del lote de astaxantina a 75 ppm con el mayor número de hembras fértiles en el desove número 1. Posiblemente en estos lotes las dosis de pigmentos utilizadas hayan tenido un efecto estimulante en el epitelio ovárico, provocando una maduración temprana de los huevos tal y como lo sugiere Schieft\*.

El lote que recibió capsantina a 75 ppm mantuvo una producción constante de hembras durante el transcurso de todo el experimento, comportamiento que podría resultar benéfico para el criadero, pues permitiría tener una producción más constante,

\* Schieft, K. 1988, comunicación personal

FIG. 2. RELACION DEL NUMERO DE HEMBRAS QUE DESOVARON EN CADA DESOVE PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS



evitando las carencias de machos e instalaciones que acompañan a los momentos en que se presenta el pico del desove (37, 50 ).

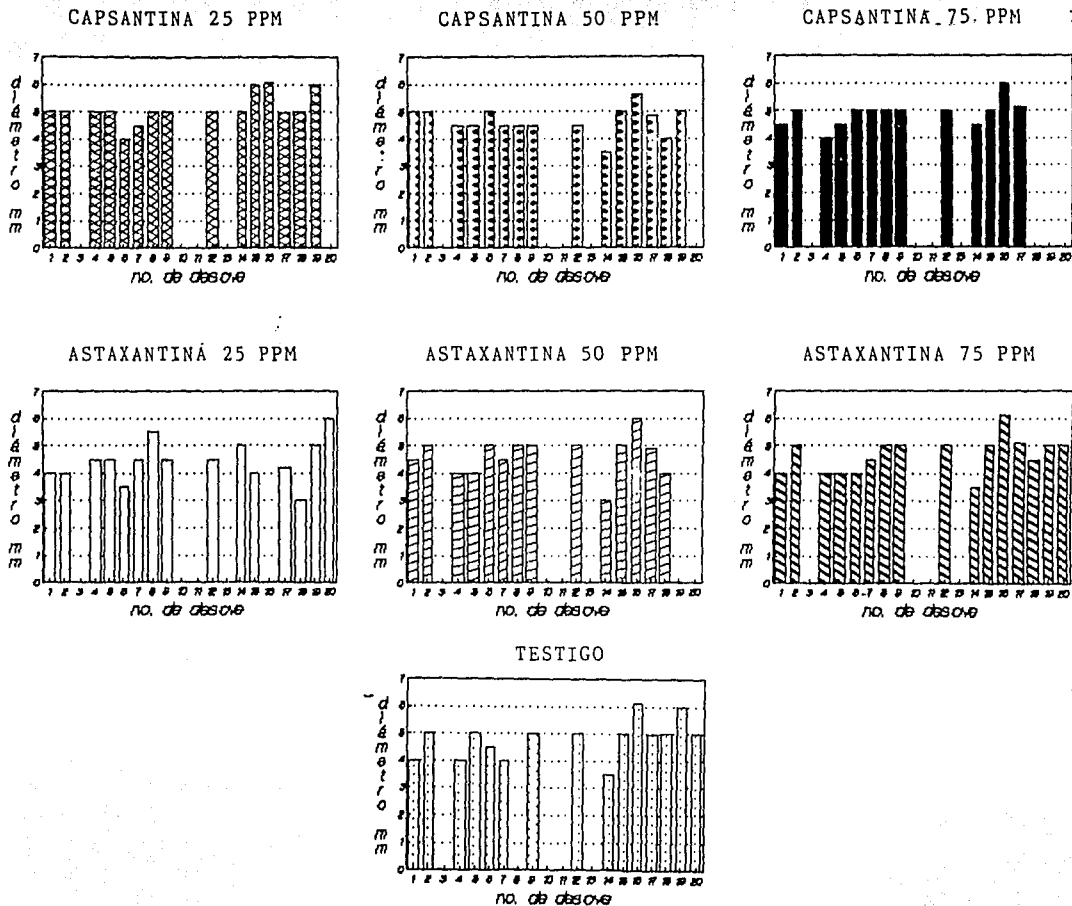
En términos generales, puede decirse, que en los primeros desoves los huevos producidos mostraron un diámetro mas pequeño y heterogéneo. A partir del desove número 14 (ver fig. 3), se inició una tendencia a producir huevos de mayor diámetro, fenómeno que pudo ser el resultado de un mayor tiempo de ingestión de alimento para las madres que desovaron en épocas tardías. Esta tendencia no se manifestó en el lote de astaxantina a 25 ppm, en donde el diámetro de los huevos permaneció mas o menos constante.

Los valores promedio para el diámetro del huevo que aparecen en el cuadro 3 muestran que el tamaño mas grande fue alcanzado por los lotes que recibieron capsantina a 50 y 75 ppm. Los tratamientos restantes tuvieron un diámetro semejante al testigo, excepto la astaxantina a 25 ppm que registró un diámetro inferior.

Contraria a la tendencia mostrada para el diámetro, el número de huevos producidos por hembra que se ha graficado en la figura 4 fue alto en los primeros desoves, luego tendió a mantenerse constante, para decrecer abruptamente en la última etapa del experimento. Nuevamente la astaxantina a 25 ppm manifestó una tendencia contraria al resto de los lotes,



FIG. 3. RELACION DEL DIAMETRO DE LOS HUEVOS EN CADA DESOVE PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS



produciendo el mayor número de huevos en los últimos desoves. En promedio (ver cuadro 3) en todos los tratamientos, se produjo un mayor número de huevos, comparados con el testigo, destacando las dosis de astaxantina a 25 y 75 ppm y capsantina a 25 ppm.

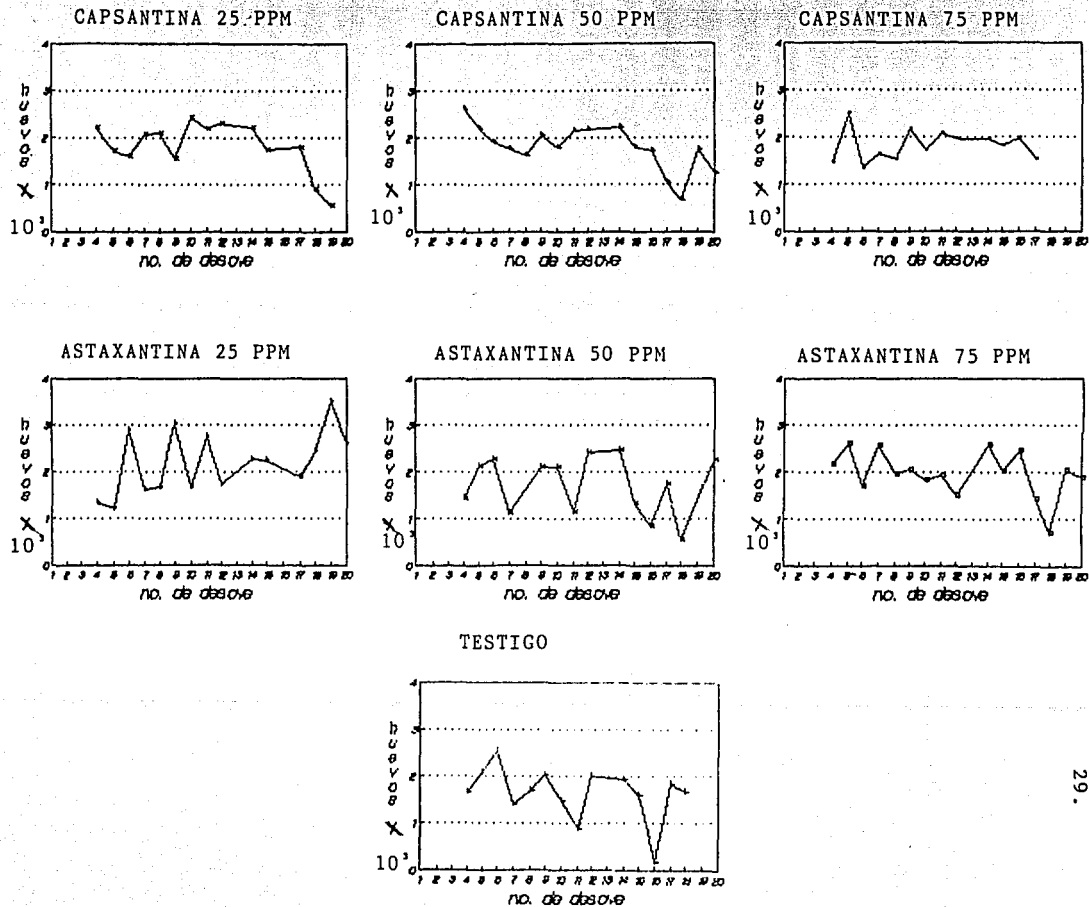
Al ser sometidas al análisis de varianza, (Cuadro 4) las diferencias entre tratamientos fueron no significativas con un  $(\lambda=0.54)$  para el diámetro del huevo y  $(\lambda=0.65)$  para el número de huevos producidos por hembra, dichos resultados coinciden con lo reportado por (23), quien encontró que no existía correlación alguna entre el tamaño y número de huevos producidos con la adición de niveles crecientes de cantaxantina en la dieta (de 20 a 40 ppm, suministrados por un período de 3 a 6 meses).

Resulta interesante destacar, los resultados obtenidos para el lote que recibió astaxantina a 25 ppm, pues si bien fue el único tratamiento en el que los huevos producidos, mostraron un diámetro inferior al testigo, también produjo un número muy superior de huevos con respecto a los tratamientos restantes.

Este hecho, deber ser considerado, en la interpretación de los resultados que se exponen a continuación, ya que en ellos, se han manejado valores transformados a porcentajes y no valores absolutos.

Además, en la gráfica expuesta en la figura número 4 se

FIG. 4. RELACION DEL NUMERO DE HUEVOS PRODUCIDOS POR HEMBRA EN CADA DESOVE PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS



CUADRO 3

VALORES PROMEDIO DEL DIAMETRO Y NUMERO DE HUEVOS PRODUCIDOS POR HEMBRA

TRATAMIENTO	DIAMETRO ( mm )	NUMERO DE HUEVOS
testigo	4.61	1668
capsantina 25 ppm	4.61	1918
capsantina 50 ppm	4.96	1790
capsantina 75 ppm	4.92	1783
astaxantina 25 ppm	4.40	2025
astaxantina 50 ppm	4.66	1745
astaxantina 75 ppm	4.66	1972

Literales con ( \* ) en la misma columna son diferentes estadísticamente ( $\alpha = 0.05$ )

CUADRO 4

ANALISIS DE VARIANZA DE EL DIAMETRO Y NUMERO DE HUEVOS PRODUCIDOS POR HEMBRA

FUENTE DE VARIACION	gl	DIAMETRO			NUMERO DE HUEVOS	
		SS	Pr>F	gl	SS	Pr>F
tratamiento	6	2.49	0.54	6	1531369	0.65
desove	1	0.20	0.52		634896	0.19
desove <sup>2</sup>	1	0.17	0.55	1	922665	0.11
desove <sup>3</sup>	1	0.23	0.49	1		
desove <sup>4</sup> trat	6	1.85	0.71	6	1555940	0.64
desove <sup>5</sup> trat	6	1.69	0.76	6	1743449	0.57
desove <sup>6</sup> trat	6	1.54	0.79			
error	153	77		162	59528818	

Nivel de significancia ( $\alpha = 0.05$ )

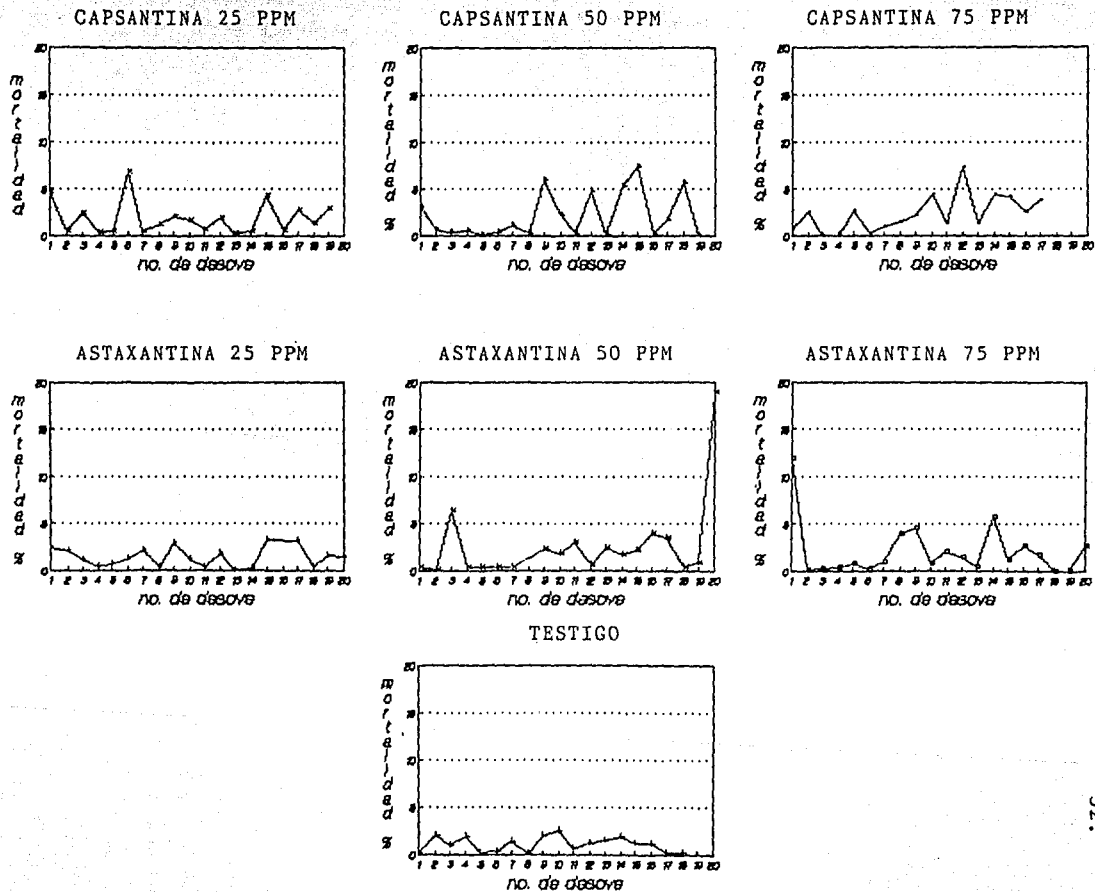
alcanza a percibir que mientras los tratamientos restantes tienden a disminuir el volumen de huevos producidos en los últimos desoves, el lote que recibió astaxantina a 25 ppm parece mostrar una tendencia contraria, lo que induce a reconsiderar la importancia de suministrar dosis bajas de pigmentos por periodos de tiempo mas prolongados.

#### Viabilidad de los Huevos

Los valores de mortandad durante la etapa de fertilización (primera y segunda limpieza) fueron graficados en las figuras 5 y 6. Para la primera limpieza puede observarse que el testigo y los lotes que recibieron las dosis más bajas de pigmentos mostraron constantemente una baja mortalidad, que bien pudiera ser descrita en términos de una respuesta lineal, que resultó significativa ( $\alpha = 0.03$ ), de acuerdo al analisis de varianza (cuadro 6). No obstante, para dosis mas altas de pigmentos el comportamiento de los lotes cambió mostrando un patrón de respuesta, que puede ser entendido como una regresión cuadrática ( $\alpha = 0.02$ ) o cúbica ( $\alpha = 0.02$ ) que se tradujo en fuertes contrastes de mortandad para algunos desoves como el último de astaxantina a 50 ppm, el primero de astaxantina a 75 ppm y desoves sucesivos.

Promediados por tratamiento, (ver cuadro 5), los

FIG. 5. RELACION DEL PORCENTAJE DE MORTANDAD EN LA ETAPA DE FERTILIZACION (1a. limpieza) EN CADA DESOVE PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS



CUADRO 5

VALORES PROMEDIO DE LOS PORCENTAJES DE MORTANDAD DE LOS HUEVOS DURANTE LA FERTILIZACION (1a. y 2a. limpieza) Y EN EL ESTADO OCULADO ( 3a. y 4a. limpieza) Y HUEVO HUERO

TRATAMIENTO	número de limpieza				huevo huero
	1a.	2a.	3a.	4a.	
testigo	1.09 a	0.88	6.04 a	3.00	24.21
capsantina 25 ppm	1.83 ab	0.50	6.65 ab	3.37	18.47
capsantina 50 ppm	2.65 b	1.47	7.82 ab	3.69	22.02
capsantina 75 ppm	2.47 b	1.57	8.90 ab	1.57	28.51
astaxantina 25 ppm	1.32 a	0.87	7.97 ab	5.58	29.25
astaxantina 50 ppm	1.95 ab	0.73	7.06 ab	1.92	11.23
astaxantina 75 ppm	2.61 b	2.21	9.25 b	2.29	21.22

Literales diferentes en la misma columna son diferentes estadísticamente ( $\alpha=0.05$ )

CUADRO 6

ANALISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE MORTANDAD EN LA ETAPA DE FERTILIZACION ( 1a. y 2a. limpieza) Y OCULACION ( 3a. y 4a. limpieza ).

FUENTE DE VARIACION	gl	1a.limp		2a.limp		3a.limp		4a.limp	
		SS	Pr>F	SS	Pr>F	SS	Pr>F	SS	Pr>F
tratamiento	6	120	0.03*	18	0.95	1369	0.00 **	64	0.97
desove	1	39	0.03*	25	0.15	220	0.09	13	0.60
desove <sup>2</sup>	1	46	0.02*	23	0.17	170	0.13	14	0.59
desove <sup>3</sup>	1	131	0.02*	6	0.83	1096	0.03 *	118	0.87
desov*trat	6	157	0.00**	6	0.80	855	0.08	108	0.89
desov <sup>2</sup> *trat	6	41	0.03*	16	0.25	102	0.24	12	0.61
desov <sup>3</sup> *trat	6	179	0.00**	6	0.81	658	0.20	16	0.92
error	205	1810		2528		15703		9994	

Nivel de significancia ( $\alpha = 0.05$ ) \* diferencias significativas ( $\alpha < 0.05$ )

\*\* diferencias altamente significativas ( $\alpha < 0.01$ )

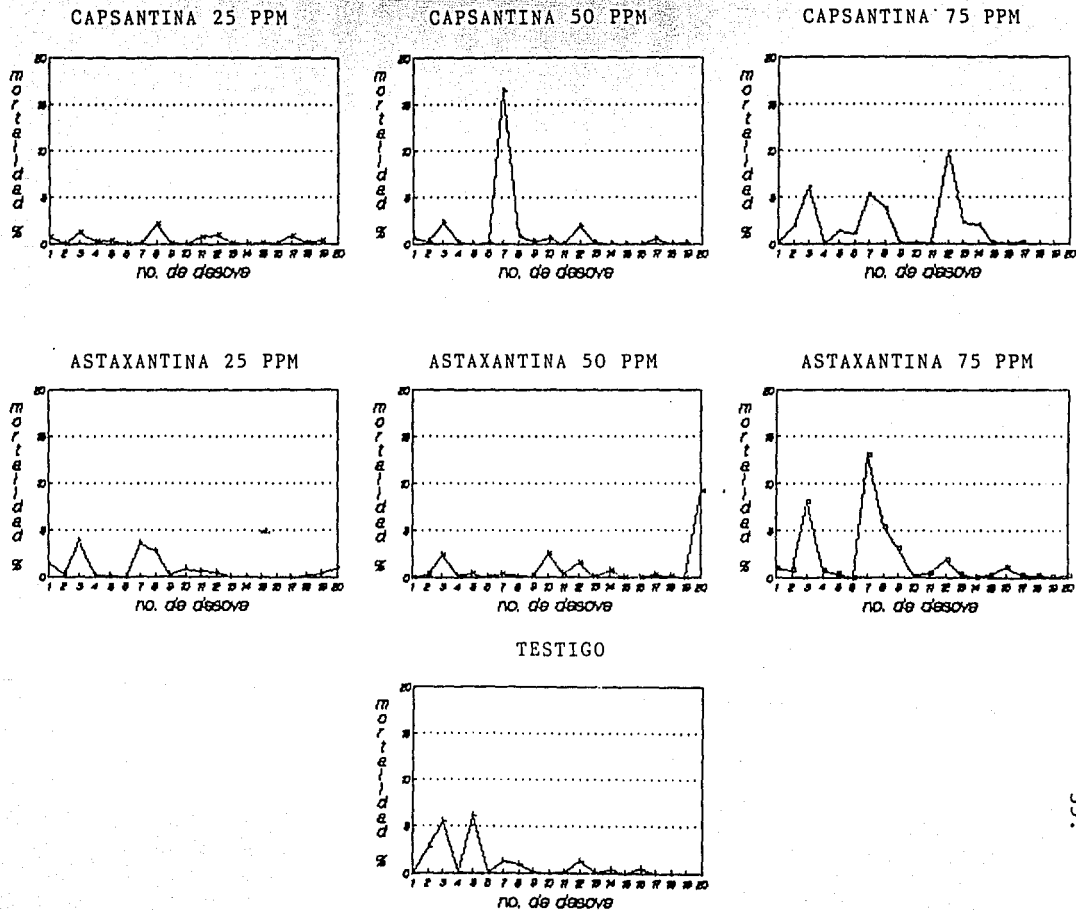
índices de mortalidad obtenidos para esta primera limpieza se asemejan a los encontrados por otros autores (30) en experimentos semejantes, con la diferencia de que ellos han reportado una disminución en la mortalidad para huevos altamente pigmentados, en tanto que aquí, el incremento de pigmentos en la dieta se tradujo en una mayor mortalidad de los huevos de los lotes de capsantina a 50 y 75 ppm y astaxantina a 75 ppm comparados con el testigo y el de astaxantina a 25 ppm ( $\alpha = 0.03$ ) (cuadro 5).

En la segunda limpieza, (figura 6) los índices de mortalidad disminuyeron ligeramente (ver cuadro 5), haciéndose no significativos entre tratamientos ( $\alpha = 0.95$ ). Si se observa detenidamente la figura 6 se percibirá que en esta segunda limpieza hubo ciertos desoves como el número 3, el 7, y el 12 donde todos los tratamientos, tuvieron en menor o mayor grado una mortalidad incrementada, derivada posiblemente de circunstancias ajenas al control del experimentador, como podrían ser el empleo de una remesa de machos poco fértiles o algún problema momentáneo en las instalaciones, que repercutiera en los resultados obtenidos.

La palpación semanal que se efectuó sobre cada lote para escoger a las madres maduras, permitió darse cuenta que, en varias ocasiones, las hembras que recibían altas dosis de pigmentos, mostraban una gran facilidad para expulsar a los



FIG. 6. RELACION DEL PORCENTAJE DE MORTANDAD EN LA ETAPA DE FERTILIZACION (2a. limpieza) EN CADA DESOVE PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

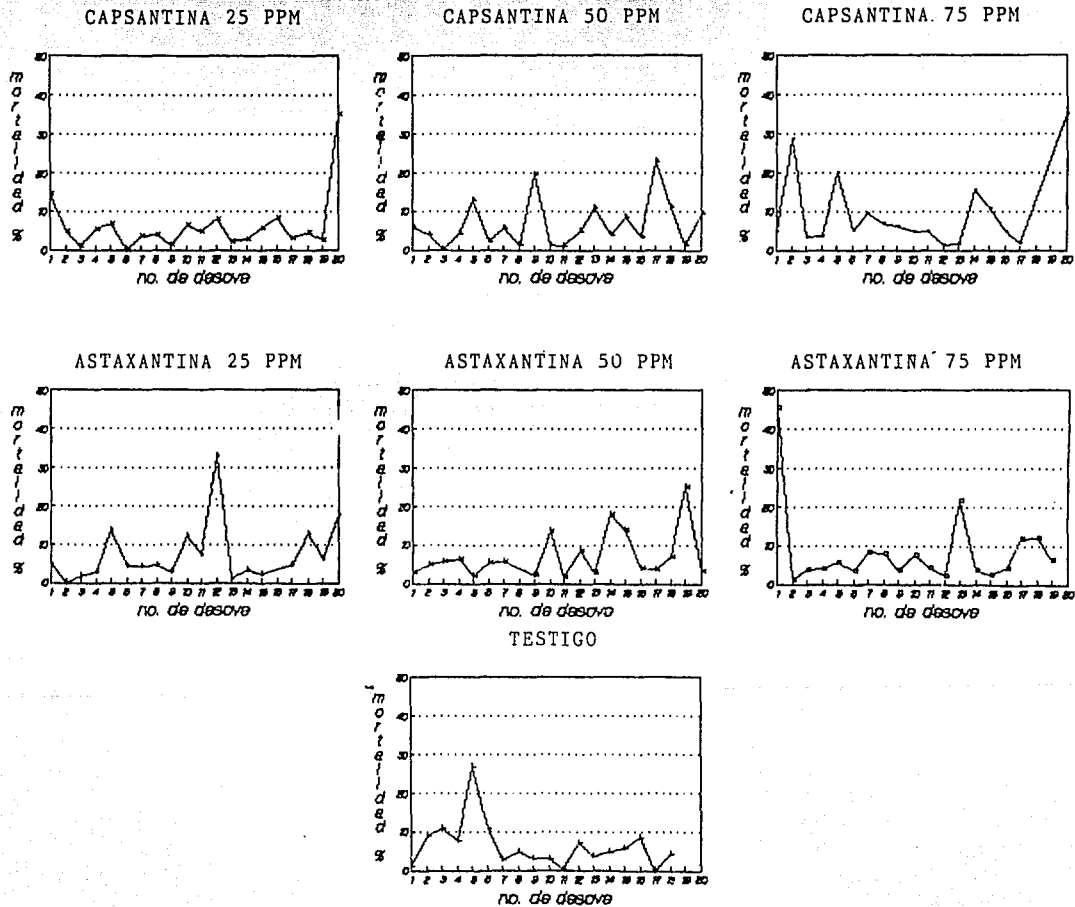


huevos de su cavidad ovárica, de tal modo, que los dos días transcurridos entre la revisión y la realización del desove per se, pudieron provocar que algunos huevos de estos lotes se hallaran "pasados" al momento de ser fertilizados, hecho que pudo haber repercutido en la mortalidad incrementada que se obtuvo en esta etapa, y que guardó una cierta relación con la obtenida en estadios posteriores ( 12,42 ) para los tratamientos con altas dosis de pigmentos.

Al iniciarse el estado oculado, en la tercera limpieza se observó un incremento en el porcentaje de mortalidad, con respecto a la limpieza anterior. Las gráficas de la figura 7, junto con los valores promedio por tratamiento mostrados en el cuadro 5, vuelven a señalar una mayor mortalidad para los huevos más pigmentados, llegando a ser significativamente diferentes ( $\leq 0.00$ ) (ver cuadro 6) el testigo con respecto a la astaxantina a 75 ppm.

Conforme transcurrieron los estadios de desarrollo subsiguientes (4a limpieza) estas diferencias se hicieron no significativas ( $\leq 0.97$ ) llegando incluso a registrarse valores promedio de mortandad de los tratamientos de capsantina a 75 ppm y astaxantina a 50 y 75 ppm inferiores al testigo (cuadro 5). En la figura 8 se observa como las dosis altas de ambos pigmentos y la astaxantina a 50 ppm mantuvieron constantemente valores bajos de mortandad, mientras que en el lote testigo y el de astaxantina

FIG. 7. RELACION DEL PORCENTAJE DE MORTANDAD DEL HUEVO EN ESTADO OCULADO (3a. limpieza) EN CADA DESOVE PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS



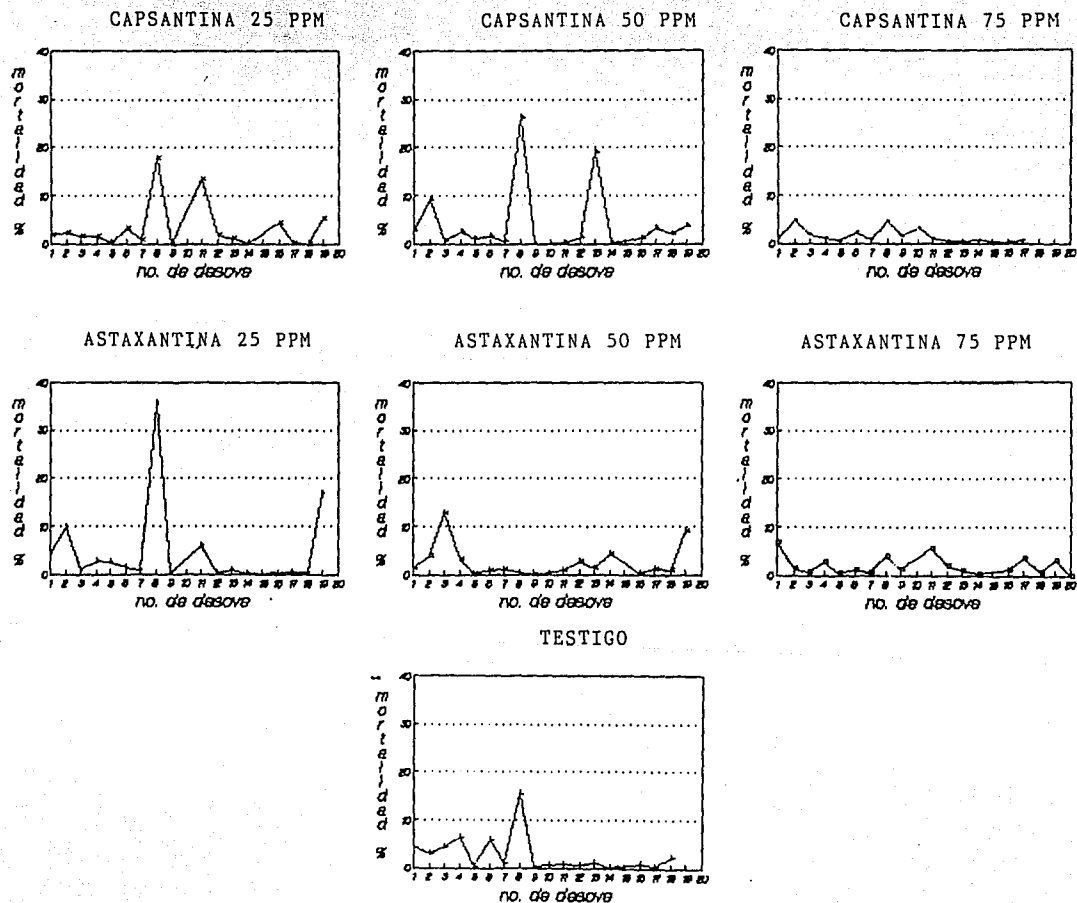
a 25 ppm se registraron mortandades muy bajas en los últimos desoves y en los tratamientos de capsantina a 25 y 50 ppm fuertes oscilaciones entre los desoves intermedios.

Si se observa el cuadro 5, se notará que el mayor porcentaje de huevos no viables durante el desarrollo embrionario de la trucha, lo constituyen los denominados huevos hueros. Estos huevos han sido llamados así porque aún cuando en ellos no aparece el punto oscuro que caracteriza la formación del ojo, tampoco presentan el color blanquecino característico que toman los huevos muertos. Hasta el momento, se ignora, si estos huevos hueros son embriones que fallecen en alguno de los estadios subsecuentes a la fertilización o si son huevos que no fueron fertilizados pero que por alguna causa aún desconocida, tardan en descomponerse.

En la figura 9, se observa claramente, como el lote que recibió 50 ppm de astaxantina, mantuvo constantemente un porcentaje de huevos hueros muy inferior a los tratamientos restantes, con excepción del desove 16, hecho que le permitió registrar junto con el lote de capsantina a 25 ppm una disminución en el porcentaje huevos hueros comparados con el testigo, (cuadro 5).

Algunos autores (42) han podido comprobar, que la mortalidad registrada en la etapa de fertilización influye de

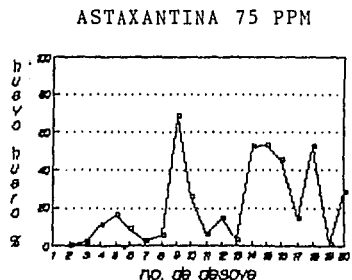
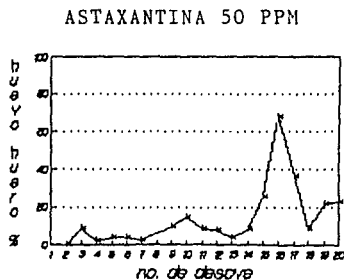
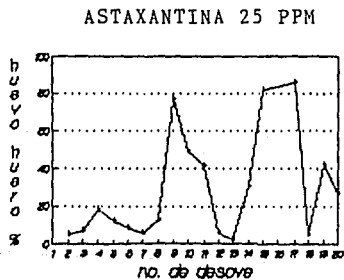
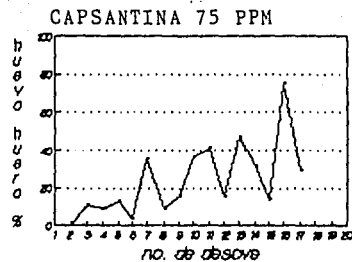
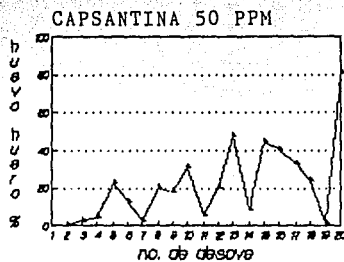
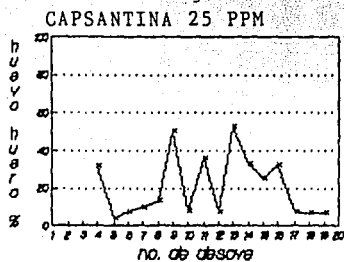
FIG. 8. RELACION DEL PORCENTAJE DE MORTANDAD DEL HUEVO EN ESTADO OCULADO (4a. limpieza) EN CADA DESOVE PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS



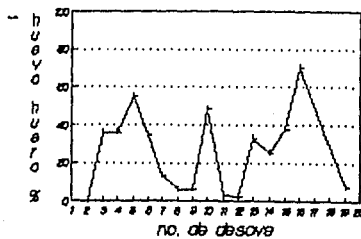
manera determinante en los índices de sobrevivencia de los subsecuentes estadios de desarrollo del embrión, de tal modo que bajos rangos de fertilización se traducen en altas mortalidades para las limpiezas de estadios posteriores. Hasta el inicio del estado oculado (3a. limpieza) esta relación se había cumplido en este experimento, no obstante, el hecho de que a partir de la 4a. limpieza, esta situación empiece a modificarse, permite suponer que probablemente fuera en esta etapa en la que la presencia de algunas dosis de pigmentos se tradujera en un efecto benéfico para el desarrollo del embrión. Desgraciadamente, el análisis de varianza (cuadro 8) mostró que las diferencias entre las medias de los huevos hueros fueron no significativas ( $\chi^2=0.98$ ), requiriéndose en futuros experimentos tener un mayor cuidado para eliminar las fuentes de variación anteriormente mencionadas y que pudieron afectar en gran medida los resultados obtenidos.

En las figuras 10 y 11 se puede observar como en las etapas de eclosión y alevinaje, la mortalidad estuvo estrechamente relacionada con el número de desove, hecho que se confirma con el análisis de varianza del cuadro 8. Para la eclosión se registraron altas mortandades en los primeros desoves, pero en el transcurso del desove 7 al 11, los tratamientos testigo, astaxantina a 25 y capsantina a 25, 50 y 75 ppm disminuyeron notablemente sus valores de mortandad. Mientras

FIG. 9. RELACION DEL PORCENTAJE DE HUEVO HUERO EN CADA DESOVE PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS



TESTIGO



que para la dosis alta y media de astaxantina, las menores mortandades se registraron en los desoves intermedios. Al pasar al estado de alevín esta relación pareció invertirse, siendo en los desoves intermedios en donde se registraron las menores mortandades para los tratamientos restantes, en tanto que la astaxantina 50 y 75 ppm disminuyen sus mortalidades en los últimos desoves.

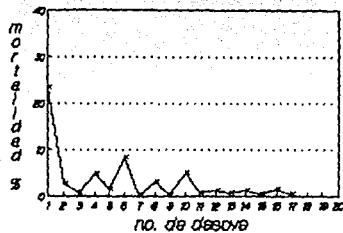
Los promedios de mortalidad por tratamiento, en la eclosión (cuadro 7) se vieron ligeramente incrementados con las dosis altas de pigmentos, a diferencia de la etapa de alevín en la que disminuyeron, pero para ambos casos el análisis de varianza marcó diferencias no significativas entre tratamientos ( $\chi=1.99$ ) y ( $\chi=1.66$ ) respectivamente (cuadro 8).

Finalmente, los valores de sobrevivencia son mostrados en la figura 12, donde se observa una tendencia en los tratamientos que recibieron astaxantina a 25 ppm y capsantina a 75 ppm a disminuir el número de crías sobrevivientes en los últimos desoves, en otros lotes como el de capsantina a 25 ppm y astaxantina a 50 ppm la sobrevivencia fue más o menos homogénea a todo lo largo del experimento. Promediados por tratamiento (cuadro 7), para los dos tipos de pigmentos, las dosis más altas se tradujeron en una disminución de la viabilidad de los huevos comparados con el testigo.

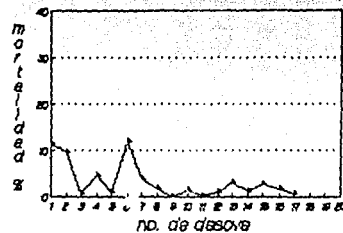


FIG.10. RELACION DEL PORCENTAJE DE MORTANDAD EN LA ETAPA DE ECLOSION  
 ( 5a. limpieza) EN CADA DESOVE PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

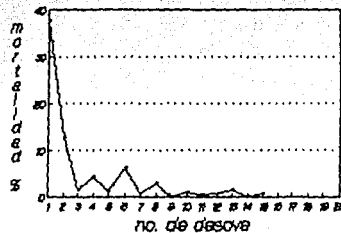
CAPSANTINA 25 PPM



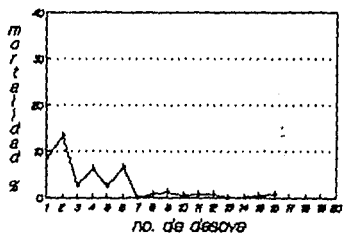
CAPSANTINA 50 PPM



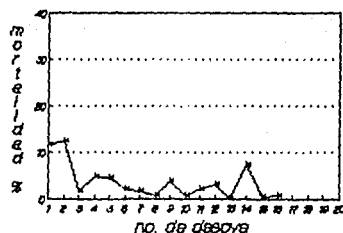
CAPSANTINA 75 PPM



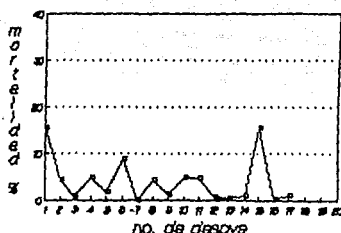
ASTAXANTINA 25 PPM



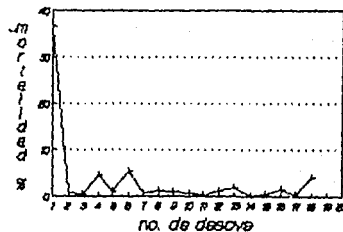
ASTAXANTINA 50 PPM



ASTAXANTINA 75 PPM



TESTIGO



CUADRO 7

VALORES PROMEDIO DE LOS PORCENTAJES DE MORTANDAD EN LA ETAPA DE ECLOSION (5a. limp) Y ALEVINAJE (6a. limp) Y PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA DE LAS CRIAS

TRATAMIENTO	% DE MORTANDAD		% DE SOBREVIVENCIA
	eclosión	alevín	
testigo	2.64	3.02	59.07
capsantina 25 ppm	2.86	3.28	65.62
capsantina 50 ppm	3.35	3.05	61.23
capsantina 75 ppm	3.84	4.48	57.59
astaxantina 25 ppm	2.51	3.56	48.89
astaxantina 50 ppm	3.37	2.88	70.79
astaxantina 75 ppm	3.75	2.88	58.14

Literales con ( \* ) en la misma columna son diferentes estadísticamente ( $\alpha = 0.05$ )

CUADRO 8

ANALISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE HUEVO HUERO Y PORCENTAJE DE MORTANDAD DURANTE LA ECLOSION (5a.limp) Y ALEVINAJE (6a. limp) y PORCENTAJE DE SOBREVIVIENTES

FUENTE DE VARIACION	gl	HUEVO HUERO		5a.limp		6a.limp		sobrevivientes	
		SS	Pr>F	SS	Pr>F	SS	Pr>F	SS	Pr>F
tratamiento	6	548	0.98	5	0.99	38	0.66	3217	0.54
desove	1	809	0.24	135	0.04 *	59	0.01 **	1951	0.08
desove <sup>1</sup>	1	154	0.60	205	0.01 **	81	0.00 **	967	0.22
desove <sup>2</sup>	1	119	0.65	210	0.01 **	90	0.00 **	746	0.28
desov*trat	6	1735	0.81	43	0.97	70	0.27	4985	0.25
desov <sup>1</sup> *trat	6	2475	0.64	74	0.90	88	0.15	5563	0.19
desov <sup>2</sup> *trat	6	506	0.51	87	0.85	97	0.11	5630	0.19
error	205	119757		6996		1906		131276	

Nivel de significancia ( $\alpha = 0.05$ )

\* diferencias significativas ( $\alpha < 0.05$ )

\*\* diferencias altamente significativas ( $\alpha < 0.01$ )

Probablemente, influenciado por la baja mortalidad registrada para sus huevos hueros, el tratamiento que mostró el valor más alto de sobrevivencia, fue la astaxantina a 50 ppm, seguido por la capsantina a 25 ppm y a 50 ppm, lo que indica que las dosis medias lograron porcentajes de sobrevivencia superiores al testigo. La dosis más baja de astaxantina fue la que registró el menor número de sobrevivientes de todos los tratamientos, aunque cabría recordar que en este lote se produjeron el mayor número promedio de huevos por hembra.

Sometidas al análisis de varianza, estas diferencias resultaron no significativas ( $\alpha = 0.54$ ) indicando que estadísticamente no se puede decir que la adición de carotenos se halla traducido en un incremento en el número de sobrevivientes para ninguno de los tratamientos comparados con el testigo.

Sería importante reconsiderar, que aquellos trabajos en los que se ha obtenido un resultado positivo con la adición de carotenos a la dieta (30, 50), se ha manejado una baja concentración de carotenos, de tal modo que los huevos de los lotes testigos tienen menos de 3 ppm de carotenos, hecho que probablemente no pudo lograrse en este experimento, debido a que bien sea por una contaminación en el peleteado del alimento, o por la naturaleza de los ingredientes que lo componen, el lote testigo, contó con una buena dosis de pigmentos.

FIG. 11. RELACION DEL PORCENTAJE DE MORTANDAD DE LOS ALEVINES (6a.limpieza)  
EN CADA DESOVE PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

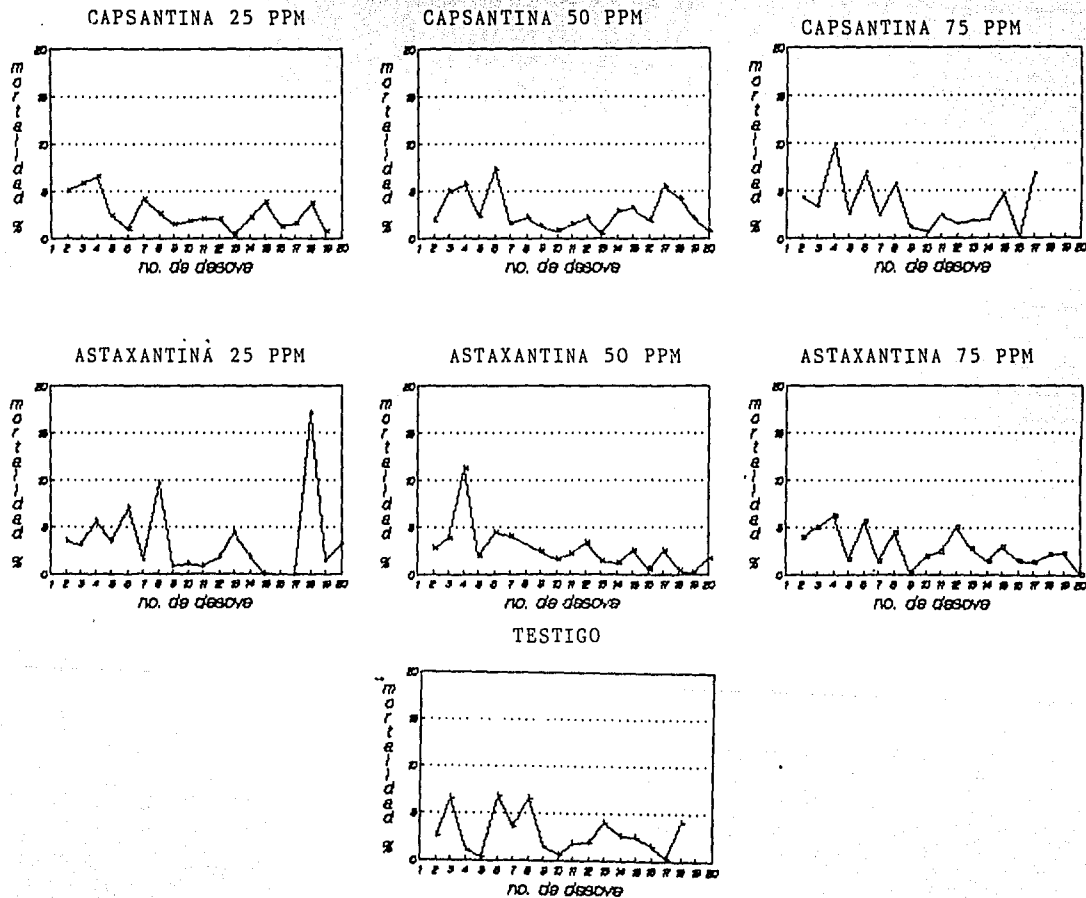
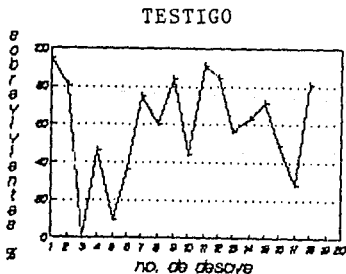
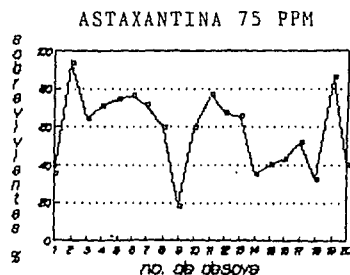
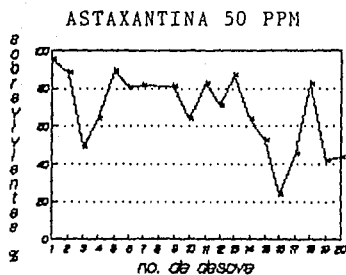
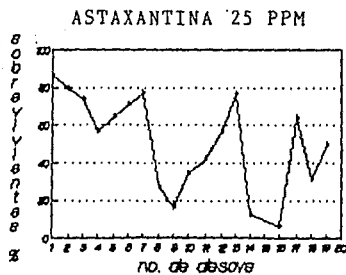
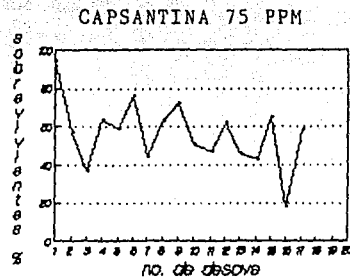
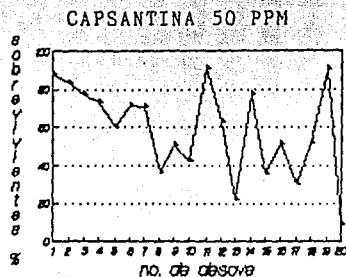
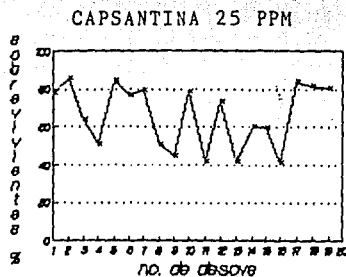


FIG.12. RELACION DEL NUMERO DE CRIAS QUE SOBREVIVIERON EN CADA DESOVE PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS (expresado en porcentaje).



## VI. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este experimento permiten concluir lo siguiente:

1) No se registraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) sobre la fecundidad (diámetro y número de huevos producidos) de la trucha mediante la adición de carotenos en la dieta.

2) El índice de mortalidad en la etapa de fertilización se incrementó conforme se aumentaron los niveles de carotenos.

3) La adición de astaxantina o capsantina a dosis de 12 a 66 ppm por periodos de alimentación de 4 a 23 semanas no logró incrementar la viabilidad de los huevos durante los diferentes estadios de desarrollo embrionario (fertilización, oculación, eclosión y alevinaje).

4) La adición de carotenos no se tradujo en un incremento estadísticamente significativo ( $p > 0.05$ ) en el porcentaje de crías sobrevivientes.

5) El análisis de varianza demostró que el número de desove influye de manera importante sobre la mortalidad registrada en los embriones en la etapa de eclosión y alevinaje.

6) No se descarta la posibilidad de que el suministro de carotenos por un periodo de tiempo más prolongado se traduzca en

resultados diferentes a los obtenidos en este estudio, sobre todo si se toma en cuenta que el ciclo reproductivo de la trucha se completa en un año, pudiendo ser de gran trascendencia el suministro de carotenos durante las primeras etapas de formación de los huevos.

7) La realización de estudios que involucren niveles de inclusión de carotenos más altos o periodos de alimentación más prolongados podrían mostrar un efecto positivo sobre la fecundidad y viabilidad de los huevos, sin embargo, no debe olvidarse considerar un nivel de inclusión que no implique un costo prohibitivo a cambio de los beneficios recibidos.

8) Para obtener pigmentos a más bajo costo, debería considerarse la realización de estudios que incluyan el aprovechamiento subproductos derivados del procesado de un buen número de crustáceos que son consumidos en México y que contienen importantes cantidades de astaxantina, como el camarón (*Penaeus* sp) langosta (*Panilurus* sp), cangrejo rojo (*Geryan quinquedens*) etc.

9) Para definir si los carotenos constituyen un elemento esencial para la reproducción y desarrollo de los huevos de trucha se requiere realizar un experimento, en el que se elaboren dietas especiales, en las cuales los carotenos hallan sido extraídos por completo, puesto que cualquier dieta cuenta con una

cantidad de estos, aún cuando no hallan sido añadidos en forma especial.

10) La coloración adquirida por los huevos guardó una relación estrecha con la dosis y tipo de pigmento utilizado.

11) La adición de astaxantina en la dieta tuvo poco efecto sobre su consistencia, no obstante el alto contenido de vehículo de la capsantina provocó que los comprimidos se disolvieran más rápidamente en el agua, por lo que se sugiere adicionar este producto en una forma más concentrada o añadirlo en forma líquida.

12) Se recomienda realizar estudios en los que se considere el efecto de la suplementación de carotenos en etapas subsecuentes al desarrollo embrionario, ya que los experimentos realizados por Torrisen (33) sugieren que estos pudieran actuar como promotores del crecimiento en las primeras etapas de alimentación de las crías.

13) Para obtener un mayor éxito en futuros experimentos se recomienda tener un mayor control sobre las características de los machos utilizados (edad, tamaño, origen, etc)

14) Se propone la realización de estudios que se avoquen a conocer si existe alguna relación cualitativa y cuantitativa



entre el nivel de carotenoides en el huevo y su porcentaje de viabilidad, dilucidar si dentro de una población existen organismos con una mayor capacidad dada genotípicamente para responder a la adición de carotenoides a la dieta, definir si los carotenoides son más o menos efectivos dependiendo de la forma química en la que se adicionen a la dieta.

## VII. APENDICE RESULTADOS OBTENIDOS EN CADA DESOVE

TRATAMIENTO (ppa)	ESTANQUE	NUMERO INICIAL DE HUEVOS	NUMERO DE LIMPIEZA (MORTANDAD)							SOBRE VIVIENTES	DIAMETRO DE HUEVO (mm)	ML. DE HUEVO POR ♀	NO. DE ♀ A DESONAR
			fertilizacion	ori	seg	ter	cuar	huevo	quin				
DESOVE 1													
75 bio	1	1838	5	1	92	17	.	.	.	1723	5	.	2
0 test	2	2016	8	0	19	15	.	.	.	1974	4	.	2
50 car	3	1838	10	2	39	22	.	.	.	1765	4	.	2
75 car	4	1136	264	21	703	5	.	.	.	145	4	.	8
50 car	5	1923	4	2	64	26	.	.	.	1827	4	.	3
25 oio	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
0 test	7	1689	4	1	20	131	.	.	.	1533	5	.	5
25 car	8	1923	47	28	54	84	.	.	.	1670	4	.	5
25 bio	9	2040	96	16	297	35	.	.	.	1596	5	.	3
75 car	10	1666	12	3	486	220	.	.	.	945	4	.	5
50 oio	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
25 car	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50 bio	13	1838	57	11	108	48	.	.	.	1614	5	.	1
75 bio	14	2155	3	4	100	24	.	.	.	2024	4	.	4
DESOVE 2													
75 bio	1	1282	38	5	373	36	3	.	67	760	5	.	.
0 test	2	1388	46	76	227	67	4	.	48	920	5	.	.
50 car	3	1612	3	4	78	61	5	.	45	1416	5	.	.
75 car	4	1470	3	0	10	14	0	.	66	1377	5	.	.
50 car	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
25 bio	6	1428	8	1	70	32	0	.	84	1233	5	.	.
0 test	7	1515	12	1	20	16	1	.	29	1436	5	.	.
25 car	8	1923	40	5	0	187	100	.	76	1515	4	.	.
25 bio	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
75 car	10	1562	3	2	22	27	2	.	55	1451	5	.	.
50 bio	11	1562	3	1	14	60	2	.	31	1451	5	.	.
25 car	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50 bio	13	1389	16	9	98	202	8	.	24	1031	5	.	.
75 bio	14	1428	30	51	401	98	11	.	49	788	5	.	.
DESOVE 3													
75 bio	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
0 test	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50 car	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
75 car	4	1315	3	27	23	6	10	90	64	1092	.	.	2
50 car	5	1222	77	29	67	155	104	143	47	598	.	.	2
25 bio	6	1315	32	16	16	20	0	308	77	846	.	.	3
0 test	7	1563	15	86	168	69	548	574	103	0	.	.	3
25 car	8	1379	27	68	46	18	114	179	37	870	.	.	6
25 bio	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
75 car	10	1315	4	183	74	11	46	319	69	609	.	.	2
50 bio	11	1306	6	40	.	10	39	60	94	1054	.	.	3
25 car	12	1379	3	39	3	6	75	34	31	1165	.	.	5
50 bio	13	1306	4	20	.	10	22	279	37	972	.	.	5
75 bio	14	1233	0	81	.	25	143	503	30	489	.	.	1

## FERTILIZACION RESULTADOS OBTENIDOS EN CADA DESOVE

TRATAMIENTO (ppm)	ESTANQUE	NUMERO DE HUEVOS	NUMERO DE LIMPIEZA (MORTANDAD)							SOBRE VIVIENTES	DIAMETRO DE HUEVO ( mm )	ML. DE HUEVO POR ♀	NO. DE ♀ A DESOVAR	
			INICIAL	fertilizacion	oculacion	eclosion	seg	ter	cuar					huero
DESOVE 4														
75	bio	1	1335	1	1	58	8	212	274	107	674	4	110	4
0	test	2	1262	20	0	117	142	756	0	7	220	4	90	1
50	car	3	1222	4	2	29	37	17	292	142	699	.	140	1
75	car	4	1315	10	2	28	14	65	31	55	1110	4	166	3
50	car	5	1222	6	1	125	39	38	10	131	872	4	93	4
25	bio	6	1315	10	8	110	16	37	73	133	928	4	176	8
0	test	7	1262	4	5	75	19	146	19	42	952	4	174	5
25	car	8	1379	4	3	62	18	58	346	97	791	4	112	8
25	bio	9	1315	2	0	33	28	798	0	40	414	5	160	1
75	car	10	1315	2	0	79	55	228	82	108	761	4	165	5
50	bio	11	1306	1	3	87	37	62	235	119	762	5	200	4
25	car	12	1379	6	0	19	54	445	22	57	776	5	81	3
50	bio	13	1306	12	1	23	26	48	0	32	1164	.	.	3
75	bio	14	1335	2	0	37	20	35	62	157	1022	4	.	1
DESOVE 5														
75	bio	1	2000	73	30	619	21	275	43	57	882	4	140	1
0	test	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50	car	3	1351	2	6	21	1	30	17	22	1252	5	165	4
75	car	4	1563	3	1	25	0	38	7	25	1464	5	250	3
50	car	5	1250	7	4	31	4	68	30	29	1077	5	160	2
25	bio	6	1136	11	10	133	6	41	13	30	892	5	175	3
0	test	7	1563	5	96	420	7	858	8	6	163	4	133	3
25	car	8	1190	14	4	183	48	186	39	57	659	4	130	5
25	bio	9	1250	1	0	26	1	51	3	37	1131	4	115	2
75	car	10	1190	16	8	119	8	352	16	19	652	4	108	6
50	bio	11	1389	0	0	43	18	48	12	37	1231	5	190	1
25	car	12	1786	1	0	216	15	154	37	41	1322	5	50	1
50	bio	13	1250	3	2	284	11	532	12	24	382	5	141	3
75	bio	14	1470	24	11	130	6	165	11	32	1091	5	150	4
DESOVE 6														
75	bio	1	1389	4	0	118	6	57	69	101	1034	6	105	5
0	test	2	1315	8	2	34	34	872	1	9	355	5	110	3
50	car	3	1315	10	0	37	6	44	83	76	1059	4	178	3
75	car	4	1220	3	0	26	8	58	51	47	1027	4	150	3
50	car	5	1470	1	0	117	18	70	50	45	1169	5	150	3
25	bio	6	1220	63	1	0	40	88	60	12	936	5	131	4
0	test	7	1470	3	0	276	134	53	132	192	680	5	250	1
25	car	8	1351	26	0	98	25	138	86	66	692	3	150	6
25	bio	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
75	car	10	1190	3	0	49	18	158	65	89	808	4	130	3
50	bio	11	1315	3	3	33	22	145	41	128	941	4	153	7
25	car	12	1282	8	0	19	12	82	90	100	571	4	166	3
50	bio	13	1220	6	0	26	17	178	72	58	863	4	150	2
75	bio	14	1420	3	2	31	56	48	52	53	1150	4	87	7

APÉNDICE RESULTADOS OBTENIDOS EN CADA DESOVE

TRATAMIENTO (ppa)	ESTANQUE	NÚMERO DE HUEVOS	NÚMERO DE LIMPIEZA (MORTANDAD)							SOBRE VIVIENTES	DIÁMETRO DE HUEVO (mm)	ML. DE HUEVO POR ♀	NO. DE ♀ A DESОВАR	
			fertilización	oculacion	eclosion	pri	seg	ter	cuar					muero
DESOVE 7														
75	bio	1	1351	14	144	32	9	284	17	44	807	5	120	2
0	test	2	1388	18	0	30	10	86	12	41	1191	5	102	6
50	car	3	1176	4	1	64	6	29	38	44	990	4	100	2
75	car	4	1250	22	324	154	6	24	3	10	707	5	183	3
50	car	5	1250	6	8	74	21	31	72	56	982	4	87	4
25	bio	6	1250	8	4	41	1	47	15	53	1081	4	175	1
0	test	7	1250	20	34	45	18	253	18	52	812	4	113	3
25	car	8	1250	45	88	105	16	95	24	13	864	4	87	11
25	bio	9	1136	5	1	48	17	176	22	46	821	5	175	2
75	car	10	1388	4	1	55	9	48	45	30	1196	4	207	2
50	bio	11	1190	26	391	112	5	40	8	24	584	5	128	1
25	car	12	1176	10	2	63	4	35	34	24	1004	5	182	7
50	bio	13	1333	2	1	25	10	26	16	16	1237	4	150	4
75	bio	14	1176	10	1	194	14	586	16	20	335	5	141	3
DESOVE 8														
75	bio	1	1190	3	35	26	47	95	45	52	887	5	100	2
0	test	2	1190	1	3	44	284	107	74	61	616	5	130	4
50	car	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
75	car	4	1250	95	111	173	69	75	101	11	615	5	100	1
50	car	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
25	bio	6	1562	10	32	31	51	290	193	57	896	4	142	4
0	test	7	1190	4	21	70	83	40	58	96	818	5	155	8
25	car	8	1063	6	12	72	678	159	14	16	106	6	175	2
25	bio	9	1515	29	36	86	492	117	65	26	664	5	130	3
75	car	10	1190	3	24	30	62	117	94		836	5	225	3
50	bio	11	1250	0	2	0	412	429	49	8	350	5	150	1
25	car	12	1190	3	53	26	92	121	143	211	541	5	125	2
50	bio	13	1428	7	23	40	277	92	289	54	646	5	95	1
75	bio	14	1250	35	60	140	65	127	112	90	621	5	180	2
DESOVE 9														
75	bio	1	1000	15	0	22	1	64	1	6	891	5	245	2
0	test	2	1315	40	3	52	14	144	10	15	1037	5	150	8
50	car	3	1190	38	0	52	0	47	16	27	1016	5	206	8
75	car	4	1219	19	2	49	13	859	1	4	272	5	171	7
50	car	5	1219	17	2	19	0	191	40	30	920	5	145	6
25	bio	6	1086	23	0	29	1	34	2	31	966	4	115	2
0	test	7	1250	15	0	27	0	68	8	25	1107	5	165	8
25	car	8	1470	31	5	0	1	1392	0	6	35	4	256	6
25	bio	9	1250	26	3	0	0	1216	0	0	5	5	150	3
75	car	10	1282	57	79	46	22	855	1	2	180	5	156	5
50	bio	11	1190	85	5	420	0	374	80	11	217	5	196	6
25	car	12	1190	45	3	69	2	702	2	15	352	5	190	4
50	bio	13	1086	54	2	56	0	53	12	16	911	5	162	5
75	bio	14	1162	34	4	120	.	256	19	22	632	5	165	5

## PRESENCE RESULTADOS OBTENIDOS EN CADA DESOVE

TRATAMIENTO (-oos)	ESTANQUE	NUMERO DE LIMPIEZA (MORTANDAD)								SOBRE VIVIENTES	DIAMETRO DE HUEVO (aa)	ML. DE HUEVO POR ♀	NO. DE ♀ A DESQOVAR
		NUMERO DE HUEVOS	INICIAL pri	NUMERO DE LIMPIEZA seg	ter	cuar	ter	cuar	ter				
<b>DESOVE 13</b>													
75 bio	1	1378	23	58	33	7	50	4	34	1169	.	.	2
0 test	2	1340	41	2	61	11	783	8	12	422	.	.	5
50 car	3	820	20	0	24	11	33	6	12	714	.	.	2
75 car	4	1154	3	5	114	15	51	110	55	801	.	.	5
50 car	5	1235	3	2	43	23	121	20	8	1015	.	.	2
25 bio	6	1014	1	2	27	6	71	0	73	834	.	.	4
0 test	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
25 car	8	1467	6	1	16	5	1401	0	4	34	.	.	1
25 bio	9	1705	13	7	572	16	25	2	12	1058	.	.	3
75 car	10	1397	5	0	228	36	1052	1	1	64	.	.	1
50 bio	11	1083	1	1	12	10	22	9	48	980	.	.	1
25 car	12	1224	1	3	64	430	232	6	12	476	.	.	2
50 bio	13	1178	7	4	8	3	1068	8	13	67	.	.	2
75 bio	14	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<b>DESOVE 14</b>													
75 bio	1	1470	86	9	232	3	117	8	40	975	3	157	4
0 test	2	1216	21	9	30	29	203	19	35	870	3	158	6
50 car	3	1207	32	18	412	2	153	52	25	513	3	166	3
75 car	4	1327	116	1	9	13	449	10	34	695	3	113	3
50 car	5	1415	12	1	29	121	56	2	7	1187	4	204	5
25 bio	6	1230	3	0	35	2	60	14	37	1079	4	200	1
0 test	7	1282	27	2	91	0	426	10	30	696	3	152	11
25 car	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
25 bio	9	1090	9	2	29	1	664	13	14	358	3	180	5
75 car	10	1415	40	0	91	1	1006	13	5	259	4	257	4
50 bio	11	1400	3	0	35	6	53	8	58	1239	4	225	2
25 car	12	1132	3	1	38	2	347	8	20	713	5	200	2
50 bio	13	1122	116	1	63	8	155	16	19	744	4	113	3
75 bio	14	1286	38	45	194	8	711	13	14	263	6	141	6
<b>DESOVE 15</b>													
75 bio	1	1000	19	2	34	.	97	10	64	774	5	200	3
0 test	2	1250	13	0	51	.	295	21	26	844	5	131	4
50 car	3	1000	42	0	74	.	464	56	22	342	5	169	4
75 car	4	1250	1	1	15	.	567	3	23	640	5	150	5
50 car	5	1000	1	0	206	.	54	6	29	704	5	162	4
25 bio	6	1250	17	2	28	.	270	9	33	891	5	162	2
0 test	7	1000	15	1	74	.	100	21	30	757	5	156	4
25 car	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
25 bio	9	1250	90	1	116	.	362	11	62	608	5	195	1
75 car	10	1000	25	4	59	.	605	8	27	292	5	166	3
50 bio	11	1155	143	2	64	.	834	1	19	0	6	130	1
25 car	12	1666	55	0	56	.	1361	1	0	213	4	105	2
50 bio	13	1250	6	0	135	.	74	78	54	901	6	177	4
75 bio	14	1000	64	3	150	.	185	18	29	521	5	165	4

## FENOLICE RESULTADOS OBTENIDOS EN CADA DESOVE

TRATAMIENTO (ppm)	ESTANQUE	NUMERO DE HUEVOS	NUMERO DE LIMPIEZA (MORTANDAD)					SORRE VIVIENTES	DIAMETRO DE HUEVO (mm)	ML. DE HUEVO POR ♀	NO. DE ♀ A DESQVAR		
			INICIAL	fertilizacion	ter	cuar	buero					eclosion	
DESOVE 10													
75 bio	1	1324	101	4	68	614	36	10	491	.	98	3	
0 test	2	1372	35	2	84	32	34	17	1168	.	85	10	
50 car	3	1372	3	63	106	49	37	12	1102	.	166	3	
75 car	4	1208	9	0	81	575	47	9	487	.	107	8	
50 car	5	1181	41	3	233	301	7	28	568	.	162	6	
25 bio	6	1341	17	0	52	32	58	20	1162	.	191	8	
0 test	7	1263	33	0	0	1196	0	0	34	.	142	7	
25 car	8	1218	26	15	0	1138	3	1	35	.	140	1	
25 bio	9	1502	33	3	141	211	32	31	1051	.	153	8	
75 car	10	1303	12	3	116	44	64	41	1023	.	183	3	
50 bio	11	1190	20	1	32	290	33	9	806	.	140	5	
25 car	12	1232	3	6	304	75	19	26	799	.	134	7	
50 bio	13	1232	34	14	0	954	10	9	211	.	155	5	
75 bio	14	1589	22	0	75	417	50	9	1016	.	135	7	
DESOVE 11													
75 bio	1	1206	13	1	53	36	182	3	42	876	.	168	5
0 test	2	899	5	0	4	9	53	3	14	811	.	120	2
50 car	3	1171	62	6	6	2	4	9	12	1070	.	150	1
75 car	4	1296	14	4	21	5	71	18	32	1131	.	165	1
50 car	5	1075	9	2	29	17	174	9	35	800	.	50	2
25 bio	6	1445	13	0	80	17	82	7	57	1189	.	197	5
0 test	7	955	8	2	3	4	20	15	20	883	.	75	1
25 car	8	1542	0	18	169	12	34	37	9	1263	.	225	3
25 bio	9	1536	9	2	62	397	1025	0	4	37	.	100	1
75 car	10	1038	31	7	74	115	74	13	25	699	.	166	3
50 bio	11	1227	3	0	14	3	71	0	18	1118	.	175	1
25 car	12	1214	11	2	50	136	975	0	14	26	.	165	1
50 bio	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
75 bio	14	1720	28	3	86	60	1161	0	25	357	.	125	2
DESOVE 12													
75 bio	1	1190	18	15	34	16	319	13	25	750	5	185	2
0 test	2	1250	8	8	96	0	17	0	10	1111	5	176	3
50 car	3	1250	15	34	44	9	63	19	29	1037	5	187	4
75 car	4	1041	7	34	0	14	216	28	44	698	5	106	4
50 car	5	1136	2	5	156	53	125	71	51	673	5	220	2
25 bio	6	1136	9	5	44	2	108	5	21	942	5	213	3
0 test	7	1190	21	24	81	19	45	17	36	947	5	152	7
25 car	8	1470	48	7	795	2	1	3	8	606	4	110	1
25 bio	9	1562	48	23	186	52	67	152	35	977	4	140	5
75 car	10	1190	26	7	54	34	102	63	69	813	5	160	4
50 bio	11	1088	65	16	56	11	87	16	30	805	5	213	3
25 car	12	1136	5	7	133	3	137	11	36	804	5	166	3
50 bio	13	1250	46	30	53	20	416	21	20	644	5	162	4
75 bio	14	1388	181	259	0	15	69	16	11	637	5	125	2







ENCUENTRO NO. 59.  
SALA DE LA BIBLIOTECA

VIII. BIBLIOGRAFIA

- 1) Anónimo: Encyclopedia of Science and Technology. Tomo 2, 4a ed. MacGraw Hill Book Company, New York, USA, pp 553-556, 1977.
- 2) Anónimo: Carophyll Pink 5%. Boletín Técnico. Hoffman LaRoche, Inc. Basilea, Suiza, 1986.
- 3) Anónimo: Colour Card For Salmonids. Hoffman La Roche Inc., Basilea Suiza, 1988.
- 4) Anónimo: Yolk Colour Fan. Hoffman La Roche Inc. Basilea Suiza, 1984.
- 5) Anónimo: Importance of carotenoids in Aquaculture. Boletín Técnico Hoffman La Roche Inc. Basilea, Suiza, 1989.
- 6) Barr, J.A., N.H. Goodnight, J.P. Sall y J.I. Helwig: A user's guide to SAS 79. SAS Inst. Inc. P.O. Box 10522, Raleigh, North Caroline, USA, 1979.
- 7) Bauernfeind, J.C.: Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors. Acad. Press, New York, U.S.A. p.p. 1-37, 463-530, 1981.
- 8) Becerril, G.M.J.: Evaluacion del poder pigmentante de luteína y capsantina en pollo de engorda y gallinas en postura con un colorimetro de Reflectancia. Tesis de Maestria. FMVZ-UNAM, 1988.
- 9) Britton, G.: Carotenoids. In: The Biochemistry of Natural Pigments. Cambridge University Press, U.S.A., p.p. 22-73 1983.
- 10) Choubert, G.: Effects of starvation and feeding on canthaxantin depletion in muscle of rainbow trout (Salmo gairdneri R.). Aquaculture 46: 293-298 (1985).
- 11) Craik, J.C.: Egg quality and egg pigment content in salmonid fishes. Aquaculture 47: 61-88 (1985).
- 12) Craik, J.C.A. y Harvey, S.M.: Egg quality in rainbow trout: the relation between egg viability, selected aspects of egg composition, and time of stripping. Aquaculture 40: 115-134, (1984).
- 13) Crozier, G.F.: Tissue carotenoids in prespawning an spawning sockeye salmon (Oncorhynchus nerka) J. Fish Res. Board Can. 27: 973-975 (1970).

- 14) Czecsuga, B.: Carotenoids in fish. XIX. Carotenoids in the eggs of Oncorhynchus keta (Walbaum). Hidrobiologia 63(1): 45-47 (1979a).
- 15) Czecsuga, B.: Carotenoids in fish. XX. Carotenoids in Salmo gairdneri and Salmo trutta. Hidrobiologia 64(3): 251-259 (1979b).
- 16) Deufel, J. Pigmentierungsversuche mit canthaxanthin bei Regenbogenforellen. Arch. Fischerereiwiss 16: 125-132 (1965)
- 17) Foss, P., Storebaker, T., Schiedt, K. Liacén-Jensen, S. Austreng, E., Streiff, K.: Carotenoids in diets for salmonids. Pigmentation of rainbow trout with the individual optical isomers of astaxanthin in comparison with canthaxanthin. Aquaculture 41(3): 213-226 (1984).
- 18) Galkina, Z.I.: The effects of size and colour intensity of eggs on embryonic development and growth of young rainbow trout. Izv. Gos. Nauchno-Issled. Inst. Ozern. Rechn. Rybn. Khoz. 68: 173-186 (1969) (en ruso)
- 19) Glover, M., Morton, R.A. y Rosen, D.G.: Astaxanthin, cholesterol and lipins in developing salmon eggs. Biochem. J. 50:425-429, (1952).
- 20) Goodwin, T.W.: The Comparative Biochemistry of the Carotenoids. 2nd ed. Vol. 2 Chapman and Hall, Londres Inglaterra, 1954.
- 21) Garcia, M.E. Modificaciones al Sistema Climático de Koeppen Instituto de Geografía, UNAM México, D.F. 153p. 1973.
- 22) Hamford, K.: Die Beeinflussung der Embryonal- und Larvalentwicklung der Regenforelle (Salmo irideus Gibb) durch Strahlung im sichtbaren Bereich. Z. Vgl. Physiol 42: 525-565 (1960).
- 23) Harris, L.E.: Effects of broodfish diet fortified with cantaxanthin on female fecundity and egg color. Aquaculture 43: 179-183 (1984).
- 24) Hartman, M., Medem, F.G., Kuhn, R. y Bielig, H.J.: Untersuchungen über die Befruchtungsstoffe der Regenbogenforelle. Z. Naturforsch 2: 330-349 (1947).

- 25) Ingebrigtsen, O.: Handtering, sortering og transport. In: O Ingebritsen ( Editor ), Akvakultur, Oppdrett av lakesefisk. NKS-Forlaget, Oslo Norway, pp.321-337, 1982.
- 26) Johnson, F.C.: The antioxidant vitamins. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 10(3): 217-309 (1979).
- 27) Krinsky, N.I.: Function. In: O. Isler (editor), Carotenoids. Birkhauser Verlag, Basilea, Suiza, 1971.
- 28) Lam, T.J., Y. Nagahama, K. Chan, y W.S. Hoar. Overripe eggs and postovulatory corpora lutea in the three spine stickleback Gasterosteus aculeatus L. form trachurus. Can. J. Zool. 56: 2029-2036 (1978).
- 29) Lebedeva, O.A. y Meshkov, M.M.: Change in period of formation of organs and duration of embryogenesis in rainbow trout (Salmo irideusGibb) and their dependence on temperature. Izv. Gos. Nauchno-Issled. Inst. Ozern. Rechn. Rybn.Khoz. 68: 136-155 (1969).
- 30) Loginova, T.A.: Carotenoids of rainbow trout. All-Union Conference on the Ecological Physiology of Fishes. Abstracts of Proceedings. Acad. Sci. U.S.S.R. & U.S.S.R. Min. Fish. pp 48-50, 1966 (en ruso).
- 31) Meyers, S.P. and Rutledge J. E.: Economic utilization of crustacean meat. Feedstuffs 43(43), 1971.
- 32) Meyers, S.P.: Using crustacean meals and carotenoid fortified diets. Feedstuffs 38:26-27 (1977).
- 33) Mikulin, A.Y. and S.G. Soin: The functional significance of carotenoids in the embryonic development of teleosts. J. Ichthyol. (Engl. transl. Vopr. Ikhtiol.) 15 (5): 749-759 (1975)
- 34) Murayama, S. y Yanase, M.: The amounts of chemical constituents of eyed eggs of rainbow trout from various sources. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 31: 311-316 (1961) (en japonès)
- 35) Nakagawa, H. y M. Kayama. Studies on carotenoprotein and carotenoids of some micronektonic crustaceans caught in Sagami and Suruga Bays. J. Fac. Fish Anim. Husb. 14: 49-60 (1975).

- 36) Quantz, G.: Über den Einfluss von carotenoidreichem Trockenfutter Auf die Eibefruchtung der Regenbogenforelle (Salmo gairdneri R.) Arch. Fischreiwiss31(1): 29-40 (1980).
- 37) Ramírez, G.R. y Sevilla, A.M.L.: Instructivo para la cría de trucha. Secretaría de Industria y Comercio. Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras, México, D.F.
- 38) Secretaría de Pesca. Programa Nacional de Acuicultura. Dirección General de Acuicultura, México, 1986.
- 39) Schieft, K.: Absorption, retention and metabolic transformations of carotenoids in chicken, salmonids and crutacea. Thesis for the Doctor Technicae Degree. Norwegian Institute of Technology, University of Trondheim, Basilea, Suiza, 1987.
- 40) Soin, S.G.: the respiratory significance of carotenoid pigment in the eggs of salmonids and other members of the Cupleiformes. Zool. Zh.35:1362-1369 (1956) (en ruso)
- 41) Spinelli, J. y Mahnken, C.: Carotenoid deposition in pen reared salmonids fed diets containing oil extracts of red crab (Pleuroncodes planipes). Aquaculture13:213-223 (1978).
- 42) Springate, J., C. Bromage, N.R. Elliot y J.A. Hudson: The timing of ovulation and stripping and their effects on the rates of fertilization and survival to eying hatch and swim-up in the rainbow trout (Salmo gairdneri R.) Aquaculture 43: 313-322 (1984).
- 43) Steel, P.G. y Torrie, J.H.: Biestadística, principios y procedimientos. 2a ed. MacGraw Hill, México, 1986.
- 44) Steven, D.M.: Studies on animal carotenoids I. Carotenoids of the brown trout Salmo trutta L. J. Exp. Biol. 25:369-387 (1949).
- 45) Tacon, C.A.J.: Speculative review of possible carotenoid function in fish. Prog. Fish Cult. 43(4): 205-208 (1981).
- 46) Takeuchi, K.: The behaviour of carotenoid and distribution of xanthophores during development of medaka (Oryzias latipes) Embryologia5: 170-177 (1960).

- 47) Trond Storebakken, Per Foss, E. Alustreng y Sinnove Liauen-Jensen: Epimerization studies with astaxanthin in Atlantic Salmon. Aquaculture 44:257-267 (1985).
- 48) Torrissen, O.J.: Pigmentation of salmonids: effects of carotenoids in eggs and start feeding diet on survival and growth rate. Aquaculture 43:185-193 (1984).
- 49) Torrissen, O.J.: Biological Activities of Carotenoids in Fish. Memorias del Tercer Simposium Internacional de Alimentación y Nutrición de Peces. Toba, Japón, 1989.
- 50) Velázquez, E.M. y M.R. Espinoza. Diagnóstico del Estado Actual del Cultivo de la Trucha Arco Iris en México. Secretaría de Pesca, 1989.
- 51) Yarzhombek, A.A.: Carotenoids and trout farming. Sb. Tekhnicheskoy Informatsii VNIRO No. 6 pp 20-25 (1964) (en ruso)