



MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

**Efecto de la prevalencia e intensidad de
ectoparásitos sobre el crecimiento en trucha arco iris
Oncorhynchus mykiss en unidades de producción**

T E S I S

(Idónea Comunicación de Resultados)
Que para obtener el grado de
Maestra en Ciencias Agropecuarias

P R E S E N T A

BIÓL. DENISE CONTRERAS GARCÍA

COMITÉ TUTORAL

DIRECTORA

M. EN C. MARTHA RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ

ASESORES

M. EN C. ALFONSO ESQUIVEL HERRERA
DR. DAVID OSORIO SARABIA

México, D. F. Julio de 2009

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarme al camino de la sabiduría y por darme día a día el mejor regalo, la vida.

A mi mamá, Guadalupe García González, que con su ejemplo, y apoyo logré dar un paso más hacia adelante.

A mi abuelita Felicitas González por ser mi guía en la vida, al compartir sus experiencias como una gran amiga.

A mi hermana Gema que con mis sobrinos Abigail, Valeria y Josué, me han dado la dicha de compartir momentos de alegría, así como a Gilberto por su disposición cada que necesitaba de su ayuda.

A Fernanda por su compañía en mis desvelos y por sus locas ideas, naturaleza de su juventud.

A mi amigo, cómplice y gran amor Víctor A. Nava Hernández por su compañía y apoyo, pero principalmente por estar presente en mi vida en todo momento, GRACIAS por caminar a mi lado.

A la maestra Martha Rodríguez por brindarme la oportunidad de formar parte de un gran equipo, por su cariño, confianza y amistad, MIL gracias.

A mis grandes amigas Ana Karina, Araceli, Margarita y Hortencia, en las que juntas hemos vivido y compartido un sin fin de momentos, y por los que aún faltan por compartir.

Al M. en C. Alfonso Esquivel y al Dr. David Osorio que gracias a sus asesorías, tiempo y gran esfuerzo, se cumplió un reto más.

Al Dr. Luis Arturo García que gracias a su apoyo pude llegar a la meta.

Al Ing. Melitón y la Biól. Alicia que gracias a su entusiasmo, atención y confianza depositada, logramos finalizar este proyecto, así como a Don. Ricardo, a la Sra. Yolanda y Don Honorio, por la disposición y las facilidades otorgadas.

Y a todas aquellas personas que estuvieron a mi alrededor apoyándome en todo momento.

ÍNDICE	PÁGS.
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO DE REFERENCIA	2
II. 1. La Pesca	2
II. 2. Acuicultura	3
II. 3. Piscicultura	5
II. 4. La producción de trucha arco iris en México	6
II. 5. Especies de salmónidos en México	8
II. 6. Ciclo biológico de la trucha	10
II. 7. Sanidad acuícola	11
II. 8. Principales enfermedades provocadas por ectoparásitos en peces dulceacuícolas	12
II. 9. Principales enfermedades de trucha provocadas por ectoparásitos	14
III. ANTECEDENTES	19
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
V. JUSTIFICACIÓN	21
VI. OBJETIVOS	21
VI. 1. General	21
VI. 2. Particulares	21
VII. HIPÓTESIS	21
VIII. MATERIAL Y MÉTODO	22

VIII. 1. Organismos	22
VIII. 2. Calidad del agua	23
IX. RESULTADOS	24
IX. 1. Prevalencia e intensidad de parásitos	24
IX. 2. Crecimiento	27
IX. 3. Relación Peso-Talla de los organismos	33
IX. 4. Características Fisicoquímicas del agua	35
IX. 5. Características de las Unidades de Producción	38
X. DISCUSIÓN	46
XI. CONCLUSIONES	53
XII. RECOMENDACIONES	54
XIII. LITERATURA CITADA	55
ANEXO 1	62

RESUMEN

En el Municipio de Huasca de Ocampo, Estado de Hidalgo, fueron muestreados en los meses de junio, julio, agosto y octubre de 2008, organismos obtenidos de tres unidades de producción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), para evaluar el efecto de la presencia de ectoparásitos sobre el crecimiento de éstos.

Para ello, se tomaron peso y talla de los organismos, así como muestras de piel y branquias, que se observaron en fresco bajo el microscopio, para la identificación de ectoparásitos y calcular la prevalencia, de los cuales se reportan principalmente protozoarios ciliados en piel como: *Trichodina* sp. con una prevalencia del 100% en edades de cuatro y cinco meses; *Apiosoma* sp. con prevalencias del 50% y 54.55% en las edades de tres y siete meses respectivamente e *Ichthyophthirius* sp. con 27.30%; mientras que en branquias la prevalencia de éste último fue del 81.80% en la edad de tres meses y de *Trichodina* sp. con una prevalencia del 30.80% en la edad de cinco meses.

Sólo en el mes de octubre en piel se observó el tremátodo monogéneo *Gyrodactylus* sp. con una prevalencia del 27%. En donde, la mayor prevalencia de ectoparásitos ocurre durante el periodo de verano.

Con relación al crecimiento, se observó que la unidad de producción A en donde no se identificaron ectoparásitos, los organismos presentaron el mejor crecimiento, en comparación con la unidad de producción C ya que en ésta fue en donde se identificaron todos los ectoparásitos antes ya mencionados, mientras que en la unidad B sólo *Ichthyophthirius* sp. tanto en piel como en branquias.

Este mismo comportamiento se vio reflejado en el Factor de Condición Simple (K), en donde se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las unidades, presentando los valores más bajos y variados la unidad C.

Por otra parte, las buenas prácticas de manejo en las unidades de producción, así como la calidad del agua, son la base de una acuicultura sustentable.

Palabras clave: *Oncorhynchus mykiss*, ectoparásitos, crecimiento, Factor de Condición simple.

ABSTRACT

In the Municipality Huasca of Ocampo, from Hidalgo State, were sampled three production units in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during June, July, August and October 2008, to assess the effect of presence of ectoparasites on their growth.

The weight and height were taken from the fish, as well as samples of skin and gills, which were observed in fresh under the microscope for the identification of ectoparasites and estimate the prevalence of which are reported mainly in ciliated protozoa skin: *Trichodina* sp. with a prevalence of 100% in ages of four and five months; *Apiosoma* sp. with prevalence of 50% and 54.55% in the ages of three and seven months respectively and *Ichthyophthirius* sp. with 27.30%, while in the gills the prevalence was 81.80% in the age of three months and *Trichodina* sp. with a prevalence of 30.80% at the age of five months.

In October was observed in skin monogenic flukes *Gyrodactylus* sp. with a prevalence of 27%. The highest prevalence of ectoparasites occurs during the summer.

In relation with the growth, it was noted that A production unit where no ectoparasites were identified, the fish presented the best growth, compared to the production unit and C in which it was identified in all ectoparasites before mentioned, while the B unit only *Ichthyophthirius* sp. both in skin and in gills.

This behavior was reflected in the Simple Condition Factor (K), where there were highly significant differences ($P < 0.01$) between the units, showed the lowest range of management C.

Furthermore, good management practices in the production units as well as water quality are the foundation of a sustainable aquaculture.

Keywords: *Oncorhynchus mykiss*, ectoparasites, Growth, Condition Simple Factor.

I. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de recursos pesqueros se ha mantenido relativamente estable durante los últimos 10 años; sin embargo, ha alcanzado su límite máximo en lo que a producción se refiere, debido a ello, el sector acuícola en expansión ha sido quien proporciona el pescado necesario para permitir que el suministro per cápita se mantenga prácticamente constante (FAO, 2007).

La Acuicultura se define como actividad técnica de cultivar organismos acuáticos principalmente crustáceos, moluscos, peces y plantas, con la aplicación de métodos y técnicas controladas por el hombre, lo cual permite mantenerlos en confinamiento en condiciones parecidas al medio natural, a partir del conocimiento del ciclo biológico de los organismos (Ortega, 2001).

Una de las ramas de la Acuicultura es el cultivo de los peces, Piscicultura, actividad que presenta el mayor número de especies cultivadas; entre las que se encuentran la mojarra, carpa, lobina, bagre, tilapia y trucha (Arredondo y Ponce, 1998).

México ha alcanzado en los últimos años, un desarrollo notable en una rama de la Piscicultura, la truticultura, para la que de acuerdo con reportes oficiales existen en el país cerca de 984 unidades de producción, de las cuales solo siete son centros productores de crías mismos que son insuficientes para abastecer el resto de las unidades, por lo que se requiere de la compra de huevo oculado importado principalmente de EE.UU. (CONAPESCA, 2006).

Estas importaciones, tanto de huevo como de peces, incrementan el riesgo de introducir enfermedades de alto riesgo, las cuales por su etiología provocan elevadas mortalidades que impactan negativamente en la producción (Jiménez, 2006).

Por otra parte, el confinamiento de organismos para su cultivo genera una serie de alteraciones, entre las principales se puede destacar el estrés que produce cambios fisiológicos siendo más susceptibles a enfermedades; debido a ello, la sanidad acuícola ha cobrado importancia por la necesidad de optimizar recursos y evitar pérdidas masivas que repercuten directamente en la economía del productor y por lo tanto del país, de ahí la importancia de atenderla (Rodríguez, 1998).

La sanidad acuícola atiende todas aquellas enfermedades de origen infeccioso, como son las ocasionadas por virus, bacterias, parásitos y hongos, así como las de origen, nutricional y las producidas por el medio. Su objetivo es mantener y mejorar la salud de los organismos para obtener el óptimo desarrollo y producción en un tiempo mínimo, es decir, conseguir la tasa de crecimiento señalada para cada especie (Jiménez, op. cit.).

Por lo que en una unidad de producción se deben realizar monitoreos continuos que permitan determinar el estado sanitario de los organismos, ya que en muchas ocasiones las enfermedades provocadas por intoxicaciones, contaminantes o parásitos, pueden no ser evidentes o carecer de signos clínicos, pero están impactando el estado fisiológico del individuo y pueden ocurrir epizootias que impactan en las piscifactorías (Jiménez, Op. cit.).

Por ello, el presente proyecto pretende determinar el impacto de la presencia de ectoparásitos en trucha arco iris en unidades de producción, así como evaluar como afectan éstos sobre el crecimiento de los organismos.

II. MARCO DE REFERENCIA

II. 1. La Pesca

Los recursos acuáticos del mundo son enormes y más del 97% de las aguas se encuentran en los océanos; el Pacífico contiene más del 51%, el Atlántico 25% y el Índico aproximadamente 21%. El casquete polar Antártico, es con mucho, la mayor reserva de agua dulce, siguiendo en segundo lugar la del subsuelo; toda esta agua cubre aproximadamente el 71% de la superficie del planeta; así, el área potencial para la producción de organismos acuáticos es alrededor de $308.5 \times 10^6 \text{ Km}^2$ (Wheaton, 1982).

La pesca, que se constituye a través de la captura de las existencias naturales en fuentes acuáticas, ha sido compañera de la caza desde siempre. Hasta principios del siglo XX el hombre no era capaz de localizar suficientes peces de ninguna especie como para causar una merma en su población, por eso los bancos pesqueros se renovaban continuamente (Wheaton, Op. Cit.).

En 2006 la captura total fue de 93.8 millones de toneladas, siendo 84.2 millones de toneladas por pesca marina y 9.6 millones de toneladas por pesca continental. Los países con mayor producción fueron China, Perú, Estados Unidos de América, Indonesia, Japón, Chile, India, la federación de Rusia (FAO, 2007).

México en cuanto a producción pesquera está entre los primeros 20 países, ocupando el 13º lugar con alrededor de 1.3 millones de toneladas anuales que significan el 1.4% de la captura mundial (FAO, Op. Cit.).

II. 2. Acuicultura

Es la producción, procesamiento y venta de organismos biológicos de diferentes grupos taxonómicos como crustáceos, moluscos y peces de un sistema acuático y ha existido por varios milenios. Esta actividad no es campo nuevo de esfuerzo humano, dado que las civilizaciones del Lejano Oriente la han practicado cuando menos desde 500 años a. C, el cultivo de ostión y otros esfuerzos acuaculturales han sido registrados por autores griegos y romanos (Wheaton, Op. Cit.).

Al término del siglo XX la acuicultura se constituye a nivel mundial en un mecanismo alterno para la producción de alimentos tanto en aguas continentales, como en aguas salobre y marinas, con el cultivo de diversas especies de importancia no solo alimentaria y comercial, incluso de aquellas especies en riesgo o en peligro de extinción que son recuperadas mediante técnicas de cultivo (Álvarez, 2000).

En este escenario esta actividad adquiere especial atención y requiere de un impulso decidido y dirigido que permita que su desarrollo y crecimiento se realice en forma equilibrada con el entorno ambiental, socioeconómico y cultural (Álvarez, Op. Cit.).

La producción acuícola, a nivel mundial fue creciendo rápidamente más que cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal y su tasa anual de crecimiento fue del 8,8 por ciento desde 1970, mientras que la pesca ha crecido solamente el 1,2 por ciento y los sistemas de producción de carne de cría en tierra, un 2,8 por ciento. Sin embargo, hay síntomas de que la tasa de crecimiento de la acuicultura mundial puede haber alcanzado sus cuotas máximas, si bien es posible que continúen siendo elevadas las correspondientes a algunas regiones y especies. La producción declarada de la acuicultura en 2004 fue de 45,5 millones de toneladas (FAO, 2007).

En la Tabla 1 se indican a nivel mundial los diez principales grupos de especies en términos en volumen y aumento porcentual de la producción de 2002 a 2004. La producción de carpas fue muy superior a la de todos los demás, y representó más del 40 por ciento (18,3 millones de toneladas) de la producción total. En conjunto, los diez principales grupos de especies representan el 90,5 por ciento de la aportación total de la acuicultura al suministro de pescado para la alimentación humana. Por especies, la mayor producción fue la de ostión japonés (*Crassostrea gigas*) que ascendió a 4,4 millones de toneladas, seguida de la de tres especies de carpas: carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) con 4,0 millones de toneladas, carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*) con 3,9 millones de toneladas y carpa común (*Cyprinus carpio*) con 3,4 millones de toneladas. Respecto al valor, el cultivo del camarón ocupa el segundo lugar y aumentó 2.5 millones de toneladas en el período 2002-04.

Tabla 1. Principales grupos de especies de producción acuícola a nivel mundial 2002 y 2004

GRUPOS DE ESPECIES	2002	2004	TCA
	(Toneladas)		(Porcentaje)
Carpas y otros ciprínidos	16, 673 155	18,303 847	4.8
Ostras	4, 332 357	4,603 717	3.1
Almejas, berberechos, arcas	3, 457 510	4,116 839	9.1
peces de agua dulce diversos	3,763 902	3,739 949	-0.3
gambas, camarones	1,495 950	2,476 023	28.7
Salmones, truchas, eperianos	1,791,061	1,978 109	5.1
Mejillones	1,700 871	1,860 249	4.6
Tilapias y otros cíclidos	1,483 309	1,822 745	10.9
Vieiras	1,228 629	1,166 756	-2.6
Moluscos marinos diversos	1,389 586	1,065 191	-12.4

Fuente: FAO, 2007

Como se puede observar el cultivo de peces ocupa el mayor porcentaje en cuanto a la producción acuícola, principalmente los peces de agua dulce, dentro de sistemas de explotación semi-intensiva o extensiva, con utilización entre moderada y baja de insumos, en donde se producen gran cantidad de peces destinados a los mercados nacionales y al consumo interno con precio asequible (FAO, 2007).

En este sentido, la acuicultura en México contribuye considerablemente a la producción de alimentos para la comunidad, aprovechando las vastas zonas hidrológicas disponibles (Álvarez, 2000). Así, el cultivo de organismos acuáticos en elevadas densidades es una excelente alternativa en la producción; esto ha permitido que tenga en los últimos años un gran impulso, protegiendo de esta forma a los recursos silvestres (Rodríguez, 1998).

El Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 contempla como acciones prioritarias, el desarrollo económico y social de los mexicanos, teniendo a la competitividad y a la sustentabilidad, como criterios básicos para el desarrollo ampliando las oportunidades de acceso al conocimiento técnico y al dominio de las mejores prácticas, de manera que los sectores y las regiones sean competitivas, mediante el uso sustentable de los recursos naturales y la adopción de procesos productivos con tecnologías limpias.

Por lo anterior, el Programa Sectorial de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2001-2006 considera a la pesca y a la acuicultura como asuntos de seguridad nacional y como fuentes importantes de alimentos.

Esto demuestra que, si bien en el pasado no se tenía clara la importancia de la pesca y la acuicultura ahora, con el desarrollo que han alcanzado en las últimas décadas, se ha puesto de manifiesto que son actividades importantes en la generación de alimentos de buena calidad y empleos.

II. 3. Piscicultura

Se llama piscicultura al cultivo intensivo de peces, ya sean especies de agua dulce o marina (Pérez, 1982).

Tradicionalmente, en México se han utilizado estrategias de cultivo baratas pero de baja productividad, como es el caso de la acuicultura extensiva o de repoblación, que se refiere a la introducción de crías, larvas u ostrillas en cuerpos de agua naturales o artificiales, sin tener un control estricto de las poblaciones (Arredondo y Ponce, 1998).

En la piscicultura se utiliza el cultivo semi-intensivo e intensivo, con técnicas más elaboradas y en estructuras especializadas como jaulas, corrales, estanques, canales de corriente rápida, manejando diferentes especies de carpa, tilapia, bagre, trucha arco iris entre otras (Arredondo y Ponce, Op. Cit.).

Actualmente la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) a través de la Dirección General de Organización y Fomento opera y supervisa 38 Centros Acuícolas en 24 Estados del País (Tabla 2) los cuales presentaron una producción conjunta de 92.8 millones de organismos de especies tales como: Bagre, Carpa, Catán, Mojarra nativa, Lobina, Pescado blanco, Rana, Tilapia y Trucha (CONAPESCA, 2006).

Del total de la producción, el 68% de los organismos se destinó a las Entidades con Centros Acuícolas, en tanto el restante 32% fue entregado en apoyo a otros estados; la especie más producida fue la Carpa con 51.9 millones de organismos lo que se traduce en el 56% del total, seguida por la Tilapia con 38.1 millones de organismos que representan el 41% (CONAPESCA, Op. Cit.).

Tabla 2. Centros Acuícolas existentes a nivel Nacional

NO. DE CENTROS	CENTRO ACUÍCOLA ESTRATÉGICO	NO. DE CENTROS	CENTRO ACUÍCOLA DE APOYO
1	Tezontepec de Aldama, Hgo.	20	Carrizal-Lagartero, Gro.
2	Pabellón de Hidalgo, Ags.	21	Tizapán El Alto, Jal.
3	La Rosa, Coah.	22	Benito Juárez, Chis.
4	Jala, Col.	23	San Cristóbal, Chis.
5	El Zarco, Méx.	24	Pucuateo, Mich.
6	Zacatepec, Mor.	25	Los Amates, Ver.
7	El Varejonal, Sin.	26	Guachochi, Chih.
8	Chametla, Sin.	27	El Saucito, Col.
9	El Rodeo, Mor.	28	El Peaje, S.L.P.
10	La Boquilla, Chih.	29	San Cayetano, Nay.
11	Zacapu, Mich.	30	Pátzcuaro, Mich.
12	Sontecomapan, Ver.	31	Potrero Grande, Col.
13	Puerto Ceiba, Tab.	32	La Tortuga, Ver.
14	Temascal, Oax.	33	Aguas Blancas, Gro.
15	Apulco, Pue.	34	Calamanda, Qro.
16	Valle de Guadiana, Dgo.	35	Jaral de Berrio, Gto.
17	Atlangatepec, Tlax.	36	El Pataste, Chis.
18	Ing. Julián Adame, Zac.	37	Tebanca, Ver.
19	Tancol, Tam.	38	Madera, Chih.

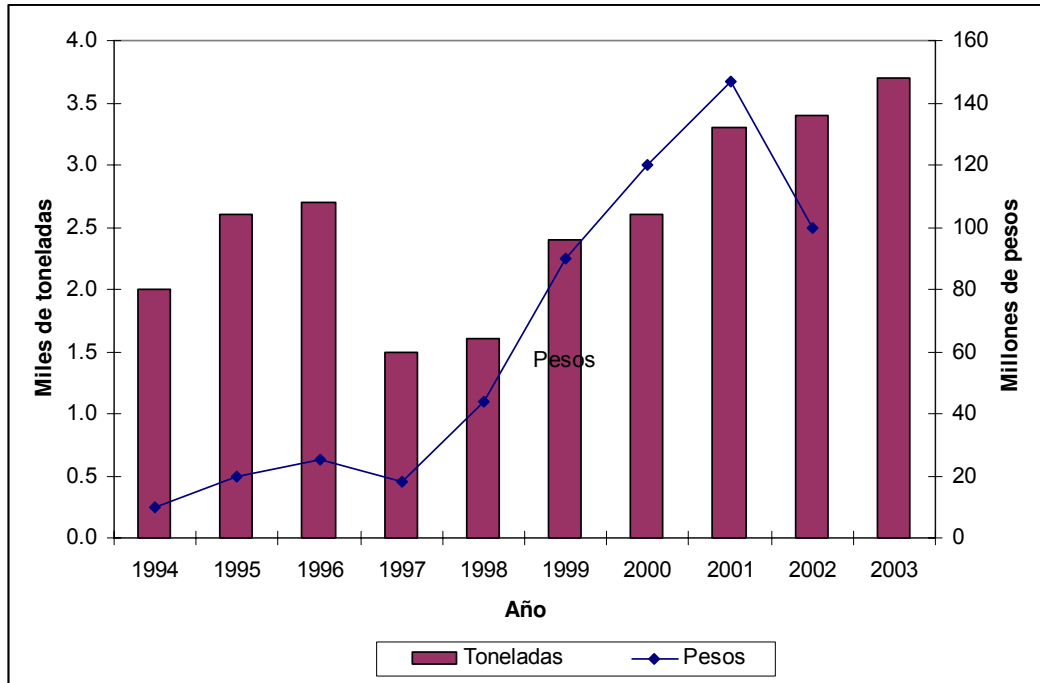
Fuente: CONAPESCA, 2006

II. 4. La producción de trucha arco iris en México

La trucha arco iris en México se ha distribuido ampliamente, sobre todo en la parte Central y Norte, principalmente en los Estados de México, Puebla, Hidalgo, Veracruz, Michoacán, Chihuahua, Durango, Oaxaca, Jalisco, Baja California, Morelos, Guanajuato, Tlaxcala, Nuevo León, Chiapas y el Distrito Federal (CONAPESCA, 2003).

En México, los antecedentes del cultivo se remontan desde principios de siglo XX, fecha en que se realiza la primera introducción proveniente de los Estados Unidos, el desarrollo del cultivo se potencia a partir de los años cuarenta, década en la cual se construye el Centro Acuícola "El Zarco", iniciando con esto la propagación y difusión en las diferentes modalidades de cultivo (Ingle, 2003).

La producción nacional en acuicultura ha ido en aumento; en 1996 se produjeron 169,211 toneladas, participando la trucha con 2,706, lo que representó el 16%, hecho que la coloca en el 6° lugar por debajo de especies como el bagre, ostión, camarón, tilapia y carpa. Los estados que reportan producción en toneladas de trucha son los siguientes: Edo. de México (1,313), Puebla (563), Hidalgo (214), Veracruz (210), Michoacán (202), Chihuahua (127), Oaxaca (45), Guanajuato (15), Durango (11), Nuevo León (4), Tlaxcala (2); y para el 2003 la producción fue de 3,734 toneladas (Gráfica 1) (Ingle 2003; CONAPESCA, 2006).



Fuente: CONAPESCA, 2006

Gráfica 1. Volumen y valor de la producción acuícola de trucha (1994-2003)

Los centros acuícolas están administrados y operados por la SAGARPA, los cuales tienen como principales objetivos producir las crías que demanda el sector productivo, principalmente el sector social; tecnificar cada uno de los procesos biotecnológicos de cultivo, transfiriendo los resultados a los productores; capacitar a los diversos agentes que intervienen en la truiticultura en cada uno de los procesos; desarrollar la investigación aplicada para el fortalecimiento de la actividad; y fomentar la producción de esta especie, principalmente en el sector de menores recursos a través de la coordinación con el Programa Nacional de Acuicultura Rural y el Programa Nacional de Sanidad Acuícola (Pérez, 1998).

En el 2003, el cultivo de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* alcanzó un desarrollo notable, reportes oficiales indican que existen en el país 974 unidades de producción de esta especie (CONAPESCA, 2006).

De tal manera, que de acuerdo con la Carta Nacional Pesquera (CONAPESCA, Op. Cit.) las 974 unidades productoras de trucha que se reportan operando en las diferentes entidades, a la fecha 100 corresponden a Chihuahua, 33 a Durango, 208 al Estado de México, 1 Guanajuato, 4 a Guerrero, 58 a Hidalgo, 12 a Jalisco, 385 a Michoacán, 1 a Morelos, 4 a Nuevo León, 16 a Oaxaca, 60 a Puebla, 3 a Querétaro y 99 a Veracruz (Tabla 3).

Tabla 3. Unidades de producción de trucha arco iris en México

ESTADOS	NO. DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA		SUPERFICIE CULTIVADA	NO DE CENTROS ACUÍCOLAS
	Comercial	Autoconsumo	Ha Total	
Chihuahua	100	50	10	2
Durango	33	0	3.86	0
D. F.	ND	ND	ND	0
Estado de México	208	0	12.01	2
Guanajuato	1	1	3	0
Guerrero	4	0	0.04	0
Hidalgo	58	0	1.5	0
Jalisco	12	10	20.5	0
Michoacán	385	6	28.63	1
Morelos	1	0	0.02	0
Nuevo León	4	0	0.45	0
Oaxaca	16	8	0.1	0
Puebla	60	35	3.54	1
Querétro	3	4	1.96	0
Veracruz	99	56	4.78	1

Fuente: CONAPESCA, 2006

En el 2003 se reportó una producción de 3,388 toneladas, representando el estado de México el 63.34%. Puebla 20.30% y Michoacán 5.66%, que son los principales entidades productoras de esta especie (CONAPESCA, 2003).

Cabe destacar que el 80% de la producción de crías de trucha arco iris, son obtenidas a partir de la importación de huevo oculado y se destinan para apoyo del sector social, haciendo énfasis en proyectos que requieren de este insumo para consolidar la comercialización (CONAPESCA, 2006).

II. 5. Especies de salmónidos en México

La trucha arco iris especie que se utiliza para cultivos comerciales, es nativa de la vertiente del Pacífico de Norteamérica, abarcando su distribución natural desde el sur de Alaska, Canadá, Estados Unidos, hasta los ríos fríos y montañosos del norte de México (Ingle, 2003).

La trucha arco iris se reportó en condiciones naturales en los Estados de Sinaloa y Chihuahua, en los ríos Santo Domingo, Casas Grandes, Gavilán, Cañón Negro, Verde, Sinaloa, Culiacán, Truchas, Tabacatiado y Hondo (Ramírez y Sevilla, 1965; Mc Crimmon, 1971). Esta distribución ha sido ampliada considerablemente por medio de profusas repoblaciones efectuadas por distintas instituciones u organismos estatales y federales en las zonas trutícolas de los estados de: Chiapas, Chihuahua, Durango,

Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Veracruz, Tamaulipas, Tlaxcala y Guerrero (Ingle, Op. Cit.).

Se han reportado: *Oncorhynchus clarkii* (Richardson) en la sierra de Chihuahua, y *Oncorhynchus clarkii virginialis* (Girard), en el Río Bravo (Espinosa *et al.*, 1993). Sin embargo, su estatus actual es incierto.

De acuerdo con Nelson, 1984 la clasificación de los salmónidos es:

Orden: Salmoniformes
Suborden: Salmonoidei
Familia: Salmonidae
Subfamilia: Salmoninae,
Género: *Oncorhynchus*
Especie: *mykiss*

En México además se encuentran descritas dos especies nativas de salmónidos, la trucha dorada *Oncorhynchus chrysogaster* (Needham y Gard, 1964), distribuida en ríos y arroyos de los Estados de Chihuahua, Durango y Sinaloa, ubicada en el estatus de especie amenazada (NOM-059-ECOL-2001) y trucha arco iris variedad *nelsoni*, *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann, 1908), localizada en San Pedro Mártir, Baja California, México, ubicada en el estatus de especie sujeta a protección especial (SEMARNAT, 2001) (Figura 1).

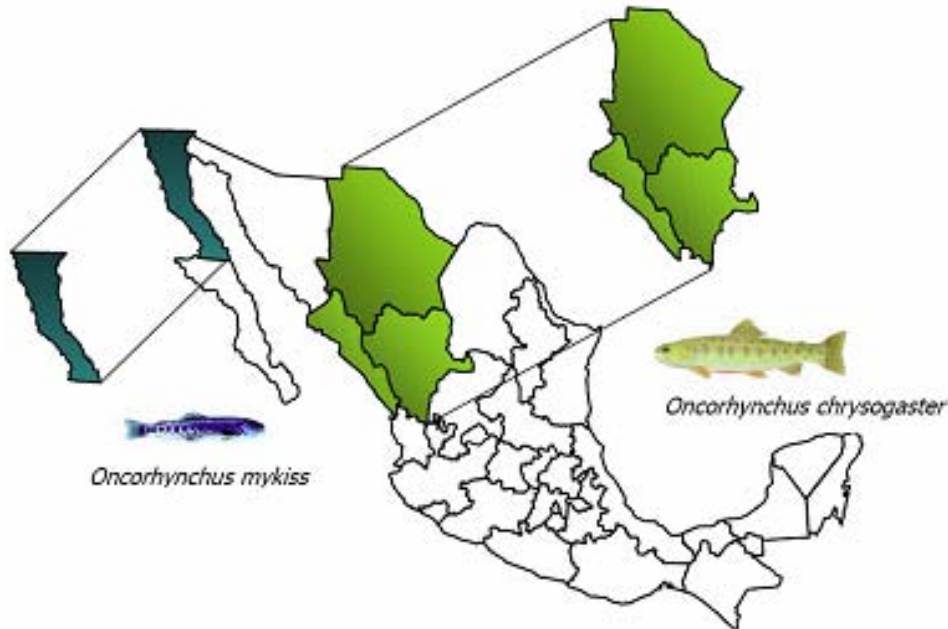


Figura 1. Distribución de truchas nativas descritas en México

Hendrickson *et al.* (2002) reporta evidencias históricas de la existencia de *Oncorhynchus clarkii virginales* como especie nativa y se analiza la posibilidad de que todavía se encuentren poblaciones en el Noroeste de México. También se argumenta la existencia en el Noroeste de México de otras especies de truchas, clasificadas hasta ahora como probables especies nativas.

Oncorhynchus mykiss kamloops, variedad lacustre autóctona de los lagos de la región subcentral de Columbia Británica, Canadá, por ser menos territorial es la variedad más utilizada para cultivos comerciales (Klonts, 1978).

La trucha café *Salmo trutta* es originaria de Europa, la trucha de arroyo *Salvelinus fontinalis mitchill*, está distribuida naturalmente en el Este de Norteamérica; su presencia en México fue reportada por Álvarez y Navarro (1957), ambas especies se utilizan para pesca deportivo-recreativa.

II. 6. Ciclo biológico de la trucha

El ciclo de vida de la trucha arco iris comprende cinco etapas de desarrollo.

- a) Huevo: presenta una talla de 0.3 – 0.45
- b) Desarrollo embrionario y eclosión
- c) Alevín: presenta una talla de 1.5 cm y peso de 0.25 g
- d) Cría: presenta una talla de 2.5 cm y peso de 2.5 g
- e) Juvenil: presenta una talla de 10 cm y peso de 10 g
- f) Adulto o reproductor: presenta una talla de 24 cm y peso de 168 g

El ciclo de vida de la trucha arco iris en cautiverio está en función del manejo que se le aplique a los reproductores. La hembra madura, por primera vez a los 18 meses, el tamaño de los huevos depende del peso y edad de las hembras, por lo que se recomienda usar hembras reproductoras de tres años o más. Solamente durante las primeras 24 a 48 horas después de la fertilización se pueden transportar los huevos sin alterar su desarrollo embrionario. También, una vez que el embrión ha desarrollado las manchas oculares (ojos), los huevos pueden ser nuevamente transportados en recipientes especiales conteniendo medios húmedos, siempre que las temperaturas sean lo suficientemente bajas. La aparición de las manchas oculares tarda entre dos y tres semanas, dependiendo de la temperatura del agua (Camacho *et al.*, 2000).

En éste contexto, el agua juega un papel importante para el desarrollo de la trucha arco iris. Siendo el agua de buena calidad, aquella capaz de mantener vivo al organismo que se cultiva y que mantiene los estándares sanitarios necesarios para que los organismos cosechados sean utilizados como se ha programado (Camacho *et al.*, Op. Cit.).

El agua es el principal factor de producción en la acuicultura intensiva y particularmente en el cultivo de la trucha que demanda grandes volúmenes del líquido. El agua aporta el oxígeno, elimina los desechos del metabolismo y por su composición y variabilidad fisicoquímica, condiciona los rendimientos de producción. Las exigencias de los salmónidos son cuantitativas (caudal y velocidad del agua) y cualitativas como

composición y temperatura, esta última no debe de exceder de 20 °C para la trucha arco iris, lo que limita los lugares de implantación posibles. Otra limitación importante reside en el hecho de que la materia orgánica arrojada en los vertidos de las unidades trufícolas, constituye una fuente de posible contaminación que es objeto de reglamentaciones severas (Camacho *et al.*, Op. Cit.).

Entre los factores más importantes que intervienen en la salud de la trucha, es una elevada oxigenación y una baja temperatura, para asegurar un óptimo cultivo. En la Tabla 4 se muestran los requerimientos físico-químicos a considerar para su cultivo (Arredondo y Ponce, 1998).

Tabla 4. Calidad del agua para el cultivo de trucha arco iris *O. mykiss*

Parámetro	Valor
Temperatura	De 7.2 a 17.0 °C para crecimiento De 7.2 a 12.8 °C para reproducción e incubación
Oxígeno disuelto	>5 mg/L
pH	6.7 – 9.0
Alcalinidad	20 – 200 mg/L (como CaCO ₃)
Dureza	80-300 mg/L
Dióxido de carbono	< 2 mg/L
Calcio	> 52 mg/L
Zinc	< 0.04 mg/L a pH 7.6
Amonio	< 0.012 mg/L como NH ₃
Nitrito	< 0.55 mg/L
Nitrógeno	< 110% de saturación total
Sólidos suspendidos	< 80 mg/L
Sólidos disueltos	< 400 mg/L
Ácido sulfhídrico	< 0.002 mg/L

Fuente: APHA *et al.* (1981)

II. 7. Sanidad acuícola

Sanidad acuícola, es el estudio de las enfermedades que afectan a los organismos acuáticos cultivados, silvestres y de ornato, y al conjunto de prácticas encaminadas a la prevención, diagnóstico y control de las mismas (SEPESCA, 1994).

Su objetivo es mantener y mejorar la salud de los peces para obtener el óptimo desarrollo y reproducción en el tiempo mínimo recomendable, lo cual es importante para conseguir la tasa de crecimiento señalada para cada especie (Jiménez, 2006).

El desarrollo que ha tenido la Acuicultura ha demandado la implementación de medidas de vigilancia epidemiológica entre las cuales la normatividad juega un papel importante, para minimizar riesgos durante las movilizaciones e importaciones que se imponen con la globalización, debido a la presencia de enfermedades de alto riesgo como las certificables y notificables.

La Norma NOM-010-PESC-1993, establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato, en el territorio nacional.

La NOM-011-PESC-1993, regula la aplicación de cuarentenas a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables, en la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura y ornato en los Estados Unidos Mexicanos (Apéndice B y C). Éstos apéndices presentan un listado donde se refieren las enfermedades tanto certificables como notificables y señalan las medidas de regulación a que esta sujeta la importación de organismos; entre otras requieren del certificado que avale que los organismos están libres de enfermedades.

Las enfermedades certificables, son aquellas contenidas en las regulaciones internacionales, principalmente las que no tienen tratamiento actual conocido o que son de muy difícil control y causan altas mortalidades. Debe de vigilarse que no sean introducidas al país, mientras que las notificables, son menos graves, pero en ambos casos debe darse aviso a la autoridad competente (SEPESCA, 1994).

II. 8. Principales enfermedades provocadas por ectoparásitos en peces dulceacuícolas

El parasitismo es una interacción biológica entre dos organismos, por el cual una especie amplía su capacidad de supervivencia utilizando a otras especies para que cubran sus necesidades básicas y vitales. Se tiene conocimiento que el principal daño que ocasionan los parásitos es la reducción del crecimiento (Begon *et al.*, 1996).

La mayoría de los peces, tanto en estado salvaje como en cautiverio se encuentran infestados por parásitos cuyas lesiones pasan inadvertidas en la mayoría de los casos. Sin embargo, en las poblaciones de peces en cautiverio los parásitos causan a menudo serios brotes de enfermedad (Roberts, 1981).

II. 8. 1. Enfermedades causadas por protozoarios

Entre los principales protozoarios se encuentra la Epistiliasis es causada por el ciliado del género *Epistylis* (Figura 2), la infección causa úlceras color rojizo en crías de bagre, que presentan hemorragias, erosión de escamas, huesos dérmicos y rayos de aletas, también ataca huevos de peces (Kinkelin *et al.*, 1985).

Los peces infectados nadan con desplazamientos rápidos y se recomienda no sobrefertilizar los estanques y mantener el agua en buenas condiciones higiénicas. Esta enfermedad se disemina por las células ciliadas inmaduras, las cuales se liberan del tallo y

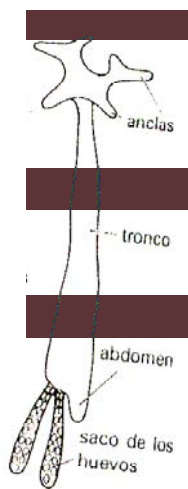


Figura 2. *Epistylis*

se adhieren a nuevos sitios formando otras colonias (Bauer y Strelkov, 1973; Brown, 1993; Kinkelin *et al.*, 1985).

II. 8. 2. Enfermedades causadas por crustáceos

Los crustáceos de mayor importancia son los copépodos y branchiuridos, debido a su doble participación en la salud de los peces; una de ellas se debe al papel que desempeñan como hospederos intermediarios de céstodos, nemátodos y acantocéfalos; el otro es su participación directa como parásitos aunque la mayoría de las especies son una parte importante en la dieta (Bauer y Strelkov, Op. Cit.; Brown, Op. Cit.).



La Lernaosis es ocasionada por *Lernaea*, parásitos que tienen el cuerpo alargado, el cual se expande en la parte anterior para formar un par de anclas cefálicas. La transmisión ocurre al introducir ranas o peces infectados que liberan al agua los estadios libres natatorios como el nauplio, metanauplio o copepodito (Bauer y Strelkov, Op. Cit.; Brown, Op. Cit.).

La temperatura afecta el ciclo vital, la patogenicidad disminuye a los 15° C o menos; el óptimo de temperatura es de 23-24 °C, las hembras infectan peces a temperaturas cercanas a los 17 °C; no crecen a salinidades mayores a 1.8% y un pH menor a 7. Afecta a bagre, trucha y carpa, ocasionándoles nado errático, a veces con nados verticales rápidos, convulsiones y en casos extremos la muerte (Bauer y Strelkov, Op. Cit.; Brown, Op. Cit.).

Figura 3. *Lernaea* sp.

La Ergasilosis es causada por las hembras de *Ergasilus*, que después de copular se fijan al hospedero. Los huevos eclosionan a los 3-6 días, pasando por sus distintas fases larvianas. El desarrollo de la madurez sexual requiere de 10-70 días, dependiendo de la temperatura. Las hembras viven cerca de un año y se han encontrado en branquias y fosas nasales de peces en agua cálida. Las infestaciones fuertes causan disminución de la respiración, hiperplasia epitelial, anemia, retardo en el crecimiento y madurez sexual en el hospedero, y son más comunes en peces jóvenes en los cuales se aprecia erosión de las lamelas branquiales (Bauer y Strelkov, Op. Cit.; Brown, Op. Cit.).

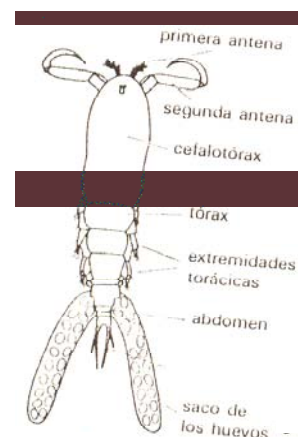


Figura 4. *Ergasilus*

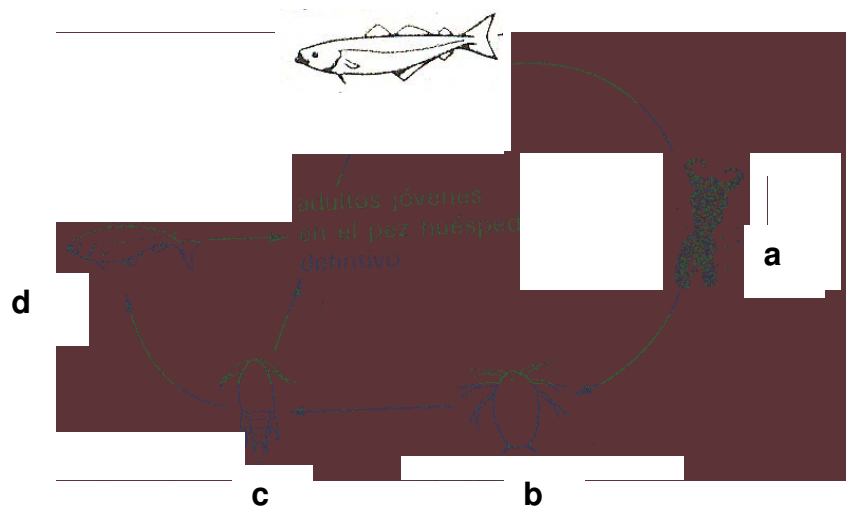


Figura 5. Ciclo biológico del *Ergasilus*: a) los huevos puestos eclosionan, b) nauplios nadadores, c) copepodito, d) los copépodos pueden ser intermediarios de céstodos, nemátodos y acantocéfalos

La Salmincoliasis es ocasionada por la hembra de *Salmincolla* la cual produce de 60 a 300 huevecillos durante la 9-13 semanas que dura su ciclo. El ciclo vital completo puede durar de 1 a 6 meses, dependiendo de la especie y la temperatura. A este parásito se le ha encontrado en los filamentos branquiales y piel de salmón y trucha en los cuales se nutre de sangre y epitelio, ocasionando deterioro en el crecimiento y respiración de los peces (Bauer y Strelkov, Op. Cit.; Brown, Op. Cit.).

II. 9. Principales enfermedades de trucha provocadas por ectoparásitos

II. 9. 1. Enfermedades causadas por protozoarios

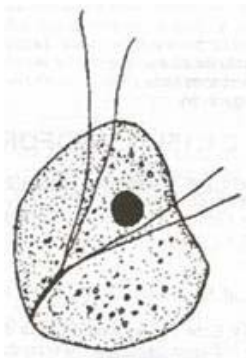


Figura 6. *Ichtyobodo* (Costia)

La Costiasis es provocada por el ectoparásito *Ichtyobodo* (Figura 6), que es un serio patógeno en zonas frías, se adhiere con sus flagelos y el disco aplanado a la superficie corporal y filamentos branquiales del pez. Afecta a carpas, lisas, bagres, tilapias y truchas. La piel se cubre con una película gris blanquecina o azulácea y los peces nadan con movimientos repentinos, e inapetencia en casos severos. Es más dañina en peces de 3-4 meses. Las zonas más parasitadas presentan hemorragias y las branquias se cubren de mucus (Bauer y Strelkov, Op. Cit.; Brown, Op. Cit.).

Apiosoma sp., organismos ciliados y unitarios que se fijan a la piel y branquias de los peces por medio de la escópula, la mayoría tiene forma de copa o campana, miden hasta 100 μ de longitud y poseen cilios espirales bucales en su polo anterior

Presentan una capa espesa de mucosidad blanca y enrojecimiento de la piel. Los peces se mantienen letárgicos y tienden a agruparse cerca del afluyente, puede haber pérdida del apetito y caída de escamas (Roberts, 1981) (Figura 7).



Figura 7. *Apiosoma* sp. **a:** distancia del peristoma al anillo central. **b:** distancia de la escópula al cinturón ciliar. **e:** disco epistomial. **i:** citofaringe. **ma:** macronúcleo. **mi:** micronúcleo. **s:** escópula v **v:** vacuola contráctil.

Trichodina sp., mide entre 30-90 μ ., es cosmopolita, habita en piel, aletas y branquias. La presencia de estos parásitos provoca letargia, pérdida del apetito, aletas deshinchadas, se observa sobre la piel una capa delgada de mucus de color blanquecino y los organismos tienden a concentrarse hacia la entrada del agua.

Las branquias se observan pálidas, ya que sus estructuras de adhesión dañan la epidermis de la piel y branquias, lo cual se incrementa con su desplazamiento dando lugar a la caída de escamas. La transmisión es por contacto directo con el pez hospedador como se muestra en la Figura 8 (Roberts, Op. Cit.).

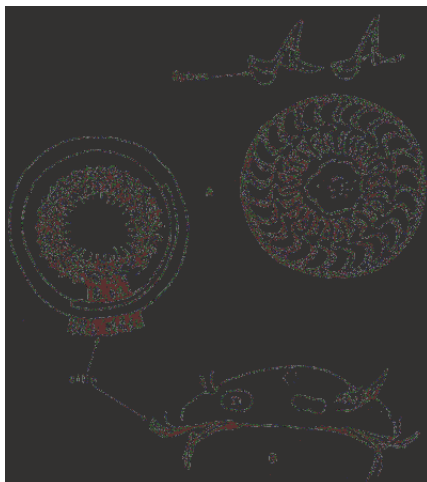


Figura 8. A. Vista frontal y B. Vista lateral de *Trichodina* sp.

El ciliado *Ichtyophthirius multifiliis*, habita en piel, aletas y branquias de diversas especies de peces de agua dulce como carpas, bagre, truchas y mojarras, pero en epizootias se pueden encontrar incluso en la córnea (Roberts, Op. Cit.). Pueden penetrar la piel dando origen a la enfermedad de los puntos blancos (Garnier *et al.*, 1998), en los cuales forma manchas blanquecinas. La temperatura es un factor importante para el desarrollo de los parásitos adultos y la división del quiste (Figura 9).

El ciclo biológico completo dura 15-20 horas pero a bajas temperaturas (15 °C) dura de 7-14 días, a 10 °C de 21 a 35 días y a 20 °C de 3 a 5 días. A bajas temperaturas el desarrollo lento del trofozoito es compensado por un incremento en el índice de reproducción del parásito. Esta enfermedad provoca que el pez nade a flechazos, brinque fuera del agua y se frote en el fondo; causando también irritación, hinchazón de los órganos (hipertrofia), hiperplasia epitelial y proliferación de células mucoides, infiltración celular de la dermis, que produce pústulas blanquecinas (Bauer y Strelkov, Op. Cit.; Brown, Op. Cit.).

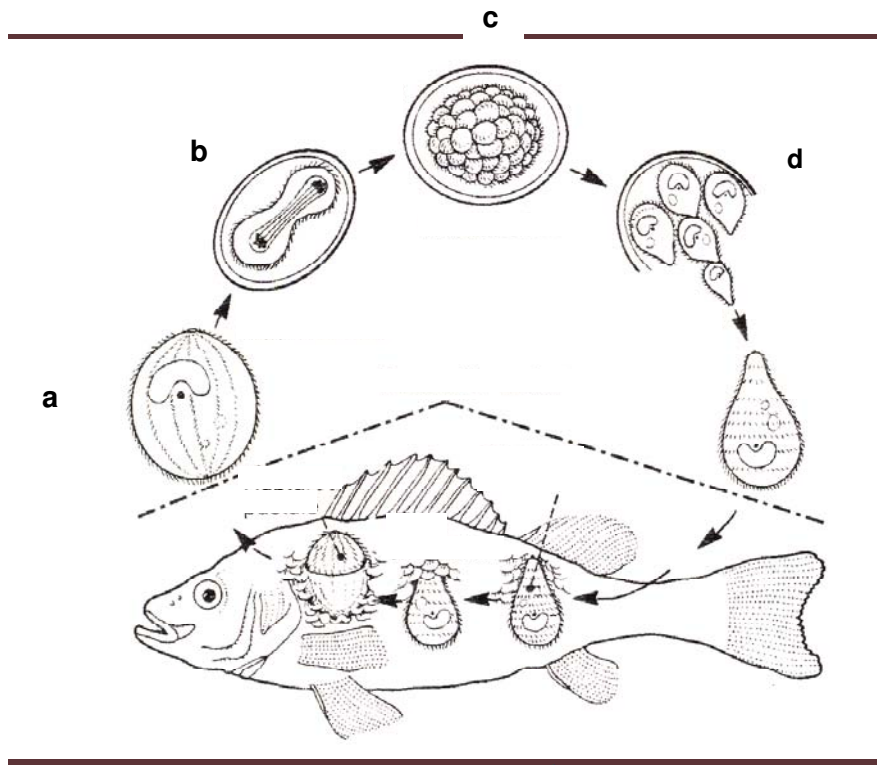


Figura 9. *Ichtyophthirius multifiliis* y su ciclo biológico a) trofozoito libre cae en el fondo, b) formación de quistes, c) producción de corpúsculos mediante división binaria d) tomites infectivos

La Chilodonelosis, es ocasionada por el protozoario del género *Chilodonella*, el cual parasita piel, aletas y branquias de peces especialmente de salmónidos; también afecta al bagre del canal, carpa dorada y tilapia, en los cuales se adhiere en las branquias

donde se alimenta de los tejidos y exudados (Bauer y Strelkov Op. Cit.; Brown, Op. cit.; Kinkelin *et al.*, Op. cit.).

La Ceratomixosis es una enfermedad ocasionada por el protozooario *Ceratomyxa shasta*, que ataca principalmente a las especies de salmónidos y el modo de transmisión se lleva a cabo al ponerse en contacto los peces con el estadio infectivo del parásito a temperaturas superiores a 10 °C. Las epizootias ocurren por periodos en los que la temperatura del agua oscila entre los 17 a los 23 °C. En truchas arco iris juveniles los signos externos son pérdida de apetito, letargo, abdomen distendido y fluidos gaseosos alrededor de las vísceras. Los signos internos son áreas hemorrágicas, nódulos en el estómago, engrosamiento de la pared intestinal (Bauer y Strelkov Op. cit.; Brown, Op. cit.).

A los 13 días de infección, el parásito penetra en la mayor parte del intestino, para luego pasar a hígado, vejiga natatoria, gónadas, corazón y branquias, donde causa respuestas inflamatorias, edema y necrosis.

La enfermedad de Pleistoforiosis es ocasionada por el género *Pleistophora*, que causa daños en el sistema branquial de la trucha arco iris, provoca anemia y un grave daño patológico en branquias, presentan nado superficial por la dificultad que tienen para respirar; pierden apetito y peso por la destrucción completa del músculo en todas las partes del cuerpo (Bauer y Strelkov, Op. cit.; Brown, Op. cit.).

En general, el ciclo de vida de todos los protozoarios que parasitan los peces, con excepción de los parásitos sanguíneos, tienen un ciclo directo, en el que sus formas infestantes son liberadas en el agua, en su estadio de transmisión, reinfecta al mismo huésped o se disemina en la población de peces (Roberts, Op. cit.).

II. 9. 2. Enfermedades causadas por tremátodos monogeneos

Los tremátodos monogeneos son platelmintos muy pequeños, capaces de completar su ciclo de vida en el pez sin involucrar a hospederos intermediarios, poseen un órgano posterior de fijación conocido como haptor, armado con ganchos (Roberts, Op. cit.).

Los parásitos del género *Gyrodactylus*, son vivíparos y se reproducen con extrema rapidez si las condiciones son favorables. Causan deshilachamiento de las aletas, irritación de las zonas de adherencia en la cabeza y lesión en branquias, producidas por la actividad nutricia del parásito y por la acción de los ganchos del órgano de fijación (Roberts, Op. Cit.; Brown, Op. Cit.) (Figura 10).

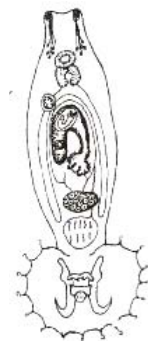


Figura 10. *Gyrodactylus*

El género *Dactylogyrus*, ocasiona daños principalmente en branquias. En condiciones inapropiadas como baja cantidad de oxígeno pueden ocurrir epizootias (Kinkelin *et al.*, Op. Cit.) (Figura 11).

Éstos parásitos son ovíparos, en donde el huevo embrionado, eclosiona en un periodo que varía en función de la temperatura, siendo la óptima por encima de los 22 °C (Roberts, 1981).

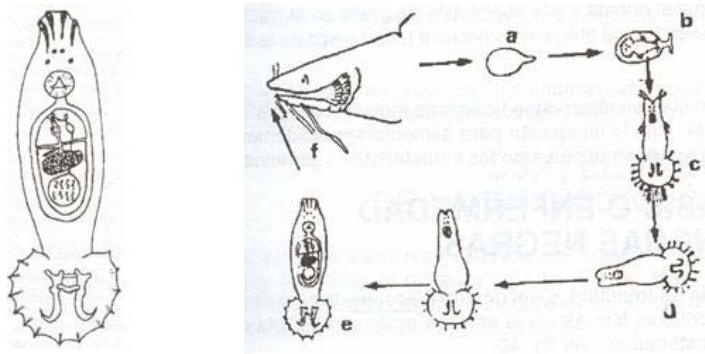


Figura 11. *Dactylogyrus* y su ciclo biológico a) huevecillo inmaduro; b) huevecillo embrionado; c) oncomiracidio ciliado libre; d y e) estadios juveniles y f) monogéneos fijados a boca o filamentos branquiales.

Los síntomas clínicos de la Gyrodactilosis y Dactilogilosis son irritación y hemorragias así como erosión de tejido branquial. Los peces se frota en las orillas de los estanques con movimientos rápidos y repentinos y cuando son numerosos causan serios daños en las branquias (Bauer y Strelkov, Op. Cit; Brown, Op. Cit).

II. 9. 3. Enfermedades causadas por crustáceos

Los crustáceos de mayor importancia son los copépodos y branchiuridos, debido a su doble participación en la salud de los peces; una de ellas se debe al papel que desempeñan como hospederos intermediarios de céstodos, nemátodos y acantocéfalos; el otro es su participación directa como parásitos aunque la mayoría de las especies son una parte importante en la dieta (Bauer y Strelkov, Op. Cit; Brown, Op. Cit).

La Argulosis es causada por *Argulus*; este parásito penetra en la piel e inyecta sustancias tóxicas de acción celular alrededor de las heridas o sangre. Los sitios de entrada generalmente presentan úlceras o hemorragias que son vías de entrada a otros parásitos, tales como bacterias, hongos y virus. En condiciones de estrés como temperaturas altas, hacinamiento en los peces y baja concentración de oxígeno disuelto el *Argulus* se desarrolla con más rapidez (Bauer y Strelkov, Op. Cit; Brown, Op. Cit).

El desarrollo del huevo se detiene a los 12 °C y la oviposición cesa a los 16 °C. A temperaturas menores a los 8 °C, la larva y el adulto hibernan en el cuerpo del hospedero y la metamorfosis se detiene. A los 24-28° C el desarrollo a subadulto requiere de 15-18 días.

III. ANTECEDENTES

La presencia de enfermedades parasitarias, causa pérdidas económicas en la acuicultura, siendo principalmente los protozoarios como el *Ichtyobodo*, *Chilodonella* y *Trichodina* que se encuentran presentes en todas las etapas de desarrollo de la trucha y que ocasionan afecciones severas además de demeritar la calidad del producto (Meyer 1991; Crespo y Crespo 2003).

Por otra parte la presencia de tremátodos monogéneos también afecta significativamente a los organismos ya que está frecuentemente asociada con el inadecuado manejo del cultivo, como pueden ser la carencia del lavado de redes, el insuficiente intercambio de agua, etc (Meyer, 1991).

En Estados Unidos en 1988, la industria trutícola reportó pérdidas de 20 millones de dólares por la aparición de enfermedades, principalmente bacterianas, en segundo lugar por hongos y en tercer lugar por parásitos, principalmente por protozoarios externos causadas por las altas densidades de organismos que facilitaban la transmisión (Meyer, Op. Cit.).

Bandilla *et al.* (2006) reportan que realizaron un experimento para evaluar la sobrevivencia de los organismos al ser infectados con parásitos y el efecto de la presencia de una bacteria. Formaron cuatro grupos experimentales que consistieron en 1) grupo control, peces libres de *Argulus corogoni*, y de *Flavobacterium columnare*; 2) Peces infectados solamente con *Argulus corogoni*; 3) peces infectados solamente con *Flavobacterium columnare* y 4) Peces infectados con *Argulus corogoni* y *Flavobacterium columnare*. Reportaron diferencias altamente significativas entre los cuatro grupos, siendo el grupo cuatro que a los nueve días la sobrevivencia es del 80% y a los 15 días la sobrevivencia fue del 50%. Concluyeron que la mortalidad es alta en los peces si son infectados con *A. corogoni* y con la bacteria *Flavobacterium columnare*, debido a que la lesión provocada en la piel por el ectoparásito permite la penetración de la bacteria en el organismo provocando la enfermedad.

González *et al.* (2000) menciona que la trucha arco iris es más susceptible a los copépodos ectoparásitos *Caligus flexispina* en comparación con el salmón atlántico *Salmo salar* y el salmo coho *Oncorhynchus kisutch*.

Así mismo Luzardo *et al.* (2003) aplicaron un tratamiento con Triclabendazol vía oral contra el *Ichthyophthirius* en trucha arco iris a dosis de 10 a 20 g por kilogramo de alimento, siendo eficiente para la eliminación del parásito.

Ogut y Akyol (2007), muestrearon de mayo de 2003 a junio de 2004 tres unidades productoras de trucha arco iris (*O. mykiss*) para determinar estacionalmente la prevalencia e intensidad de ectoparásitos. Examinaron las branquias, aletas y piel de 1260 peces del estadio larval a la talla comercial, donde hallaron los protozoarios *Ichthyobodo necator*, *Chilodonella piscicola*, *Ichthyophthirius multifiliis*, *Trichodida claviformis*, *Apiosoma piscicolumn* y un monogéneo *Gyrodactylus sp.* Los primeros tres fueron encontrados en todas las crías excepto *I. multifiliis* que se presentó en bajas temperaturas, debido al retraso de la primavera. Las infección por *C. piscicola* y

Gyrodactylus sp. y *T. claviformis* fueron persistentes ya que se identificaron desde el primer muestreo.

Ogut y Akyol, (2007) utilizaron claves de Lom (1958) para la identificación de los parásitos *Trichodina*; claves de Lom y Dyková (1992) para *Chilodonella* e *Ichthyobodo* y para *Gyrodactylus* claves de Buchmann y Brescian (1995).

Por otra parte Barker *et al.* (2002) reportaron una significancia (ANOVA $P < 0.05$) con relación al factor de condición simple y los cambios de peso entre el grupo control y un grupo de peces que fueron infectados con *Trichordina murmanica* y *Gyrodactylus pleuronecti*. Sin embargo observaron que el signo más común fue la producción alta de mucosidad y que al ser cambiados de estanque a las dos semanas recuperaron el peso.

Existe literatura referente a parásitos y enfermedades en peces, como Taylor *et al.* (2006) y Hakalahti *et al.* (2005), donde mencionan las pérdidas económicas que ocasiona el crustáceo *Argulus* sp., debido al desarrollo de infecciones secundarias por hongos y bacterias provocando posteriormente la mortalidad.

Por otra parte, se han reportado tratamientos para el control de ectoparásitos como son los baños con formol (Thorburn y Moccia, 1993), sin embargo, Buchmann *et al.* (2004) y Jorgensen y Buchmann (2007) mencionan que los baños de formol en trucha arco iris para el control de ectoparásitos ocasionan daño en la piel así como stress, siendo el formol un precursor para infecciones secundarias.

Debido al daño que ocasionan los tratamientos químicos en el control de ectoparásitos, Susuki *et al.* (2006) reportaron que los baños con extracto de té verde (GTE) remueven el 96.6% de los ectoparásitos como es el *I. necator* en salmones, donde establece que la concentración óptima es de 0.03% de GTE por 60 minutos.

Sin embargo, a nivel nacional no hay información en cuanto al impacto biológico que provocan los parásitos en trucha arco iris.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Carencia de investigaciones nacionales sobre el impacto de enfermedades parasitarias clasificadas comunes sobre el crecimiento en crías de trucha arco iris en unidades de producción.

V. JUSTIFICACIÓN

En los seres vivos el crecimiento se ve afectado por diferentes causas entre las que se encuentran: el origen genético, la cantidad y calidad del alimento, las condiciones ambientales en las que se desenvuelven y la presencia de parásitos; sin embargo, en la literatura científica nacional, no existen investigaciones que evalúen el impacto de cada uno de ellos.

Por lo anterior, la presente investigación pretende aportar conocimientos sobre las distintas prácticas de manejo en unidades de producción y la relación de éstas con el desarrollo de ectoparásitos que impactan en el crecimiento de la trucha arco iris.

VI. OBJETIVOS

VI. 1. General

Evaluar las prácticas de manejo en las unidades de producción de trucha arco iris y su relación en la prevalencia e intensidad de ectoparásitos y de éstas sobre el crecimiento de los organismos.

VI. 2. Particulares

Establecer la relación con la prevalencia e intensidad promedio de ectoparásitos en trucha arco iris en cada unidad de producción en cuanto a:

- Crecimiento y sobrevivencia
- Factores físico – químicos del agua
- Densidad de organismos (No. de organismos/m³)
- Tipo de alimento y número de raciones por día

VII. HIPÓTESIS

El crecimiento de los organismos se verá influenciado por la presencia e intensidad promedio de parásitos.

Las prácticas de manejo en las unidades de producción determinan la prevalencia e intensidad promedio de ectoparásitos en trucha arco iris.

El origen del agua determina la prevalencia e intensidad promedio de ectoparásitos en trucha arco iris.

VIII. MATERIAL Y MÉTODO

Del Municipio Huasca de Ocampo en el Estado de Hidalgo fueron seleccionadas 3 unidades de producción de trucha arcoíris: *Oncorhynchus mykiss*, tomando como referencia el origen del agua y la procedencia de los organismos.

Se aplicó una encuesta en las 3 unidades con relación a los tipos de estanques, procedencia de los organismos, del agua, tipo de alimento, las veces que se proporciona (Anexo 1).

VIII. 1. Organismos

De un estanque previamente seleccionado y solicitado en cada unidad de producción, fueron muestreados de manera aleatoria 30 organismos y transportados en bolsas con oxígeno sobre una capa de hielo al Laboratorio de Reproducción, Genética y Sanidad Acuícola de la UAM-X.

Los 30 organismos fueron pesados con una balanza digital Marca Sartorius Modelo TE201 de capacidad de 2100 g ± 0.1 g y se midieron con un ictiómetro de madera de 30 cm la longitud total (LT), longitud patrón (LP) y altura (H) para evaluar el grado de bienestar de los organismos a partir del Factor de Condición Simple (Rodríguez, 1993).

$$K = \frac{W}{L^b} \times 100$$

Donde:

K= Factor de Condición Simple
W= Peso
L= Longitud
b= es la pendiente de longitud

Prevalencia e intensidad de los ectoparásitos

El estudio parasitológico se realizó en fresco mediante frotis y squash (in pronta) en muestras de piel, aleta y branquia de 112 organismos y por duplicado, el análisis se realizó de acuerdo con Jiménez (2006).

Bajo el microscopio (Marca Olympus Modelo BX51), se realizó de cada muestra (piel, aletas y branquias) la identificación de los parásitos, así como el conteo de los mismos para estimar la intensidad promedio (Margolis *et al* 1982; Bush *et al*, 1997).

PREVALENCIA= No. de organismos infectados por un parásito en particular/
No. de organismos examinados

INTENSIDAD PROMEDIO (IP)= Número total de individuos de una especie de un parásito en particular/Número de organismos infectados por el parásito

VIII. 2. Calidad del agua

De los estanques donde fueron obtenidos los organismos *In situ* se registró la temperatura y el oxígeno disuelto (mg/L) con el oxímetro YSI 55 y el pH con el equipo Hanna Instruments HI 98108.

Con relación al flujo, éste se determinó colocando una cubeta bajo la entrada del agua al estanque durante 10 segundos, registrando así los litros obtenidos durante ese tiempo, en 5 repeticiones.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) con el programa estadístico STATISTICA Versión 5.0, para determinar diferencias entre las 3 unidades de producción con relación al crecimiento y los factores de condición simple (K).

Para la identificación de los casos que diferían de manera significativa entre sí, se realizó una prueba pareada de Tukey.

Finalmente, se elaboraron gráficas de caja y bigote en los que los extremos de los “bigotes” señalan los límites de intervalo de confianza al 95% de la media.

IX. RESULTADOS

IX. 1. Prevalencia e intensidad de parásitos

Se identificaron *Gyrodactylus* sp y principalmente protozoarios ciliados como *Trichodina* sp. y *Apiosoma* sp. en piel, mientras que en branquias se determinó *Ichthyophthirius* sp. y *Trichodina* sp.

En la Tabla 5 se presentan los parásitos identificados en piel y branquias de trucha arco iris. El mayor número de parásitos se observó en piel como *Ichthyophthirius* sp., *Apiosoma* sp., *Trichodina* sp. y *Gyrodactylus* sp. principalmente en organismos de la unidad C y en la unidad B sólo se identificó *Ichthyophthirius* sp. en piel y branquias con una prevalencia e Intensidad Promedio (IP) de 27.30% (2) y 81.80% (5) respectivamente.

Tabla 5. Prevalencia e intensidad promedio de ectoparásitos presentes en las tres unidades de producción de trucha arco iris

U. P.	Edad (meses)	No.	PIEL			BRANQUIA		
			Parásito	P	IP	Parásito	P	IP
A	1	12	-	-	-	-	-	-
	2	5	-	-	-	-	-	-
	3	10	-	-	-	-	-	-
	5	10	-	-	-	-	-	-
B	1	8	-	-	-	-	-	-
	2	5	-	-	-	-	-	-
	3	11	<i>Ichthyophthirius</i> sp	27.30%	2	<i>Ichthyophthirius</i> sp	81.80%	5
	5	16	-	-	-	-	-	-
C	3	8	<i>Apiosoma</i> sp.	50%	9	-	-	-
	4	3	<i>Apiosoma</i> sp.	66.70%	5	-	-	-
			<i>Trichodina</i> sp.	100%	18	-	-	-
	5	13	<i>Trichodina</i> sp.	100%	30	<i>Trichodina</i> sp.	30.80%	38
			<i>Apiosoma</i> sp.	15.40%	1	<i>Ichthyophthirius</i> sp.	30.80%	3
	7	11	<i>Apiosoma</i> sp.	54.55%	11	-	-	-
			<i>Trichodina</i> sp.	90.91%	15	-	-	-
<i>Gyrodactylus</i> sp.			27.27%	3	-	-	-	

U. P.= Unidad de Producción
P= Prevalencia
IP= Intensidad promedio

Con relación a la unidad de producción C, *Trichodina* sp. presentó una prevalencia del 100% en edades de cuatro y cinco meses, y 90.91% a la edad de siete meses, de igual forma la IP fue de 18, 30 y 15 respectivamente (Figura 12).

Cabe señalar que *Apiosoma* sp. estuvo presente en todas las edades muestreadas, teniendo el 50% de prevalencia, 66.7%, 15.40% y 54.55% en las edades de tres, cuatro,

cinco y siete meses respectivamente. Con relación a la IP se observa que fue mayor a la edad de siete meses (IP= 11.5), mientras que para la edad de tres meses fue de 9, de cuatro meses 5 y de cinco meses 1 (Figura 13).

Gyrodactylus sp. sólo fue identificado en piel a la edad de siete meses con una prevalencia del 27.27% y una IP de 3 (Figura 14).

En branquias, a pesar de que la prevalencia de *Trichodina* sp. fue del 30.80% la IP fue muy alta con un valor de 38, mientras que *Ichthyophthirius* sp., presentó la misma prevalencia pero la IP fue de 3 (Figura 15).



Figura 12. *Trichodina* sp. obtenida en piel de trucha arco iris



Figura 13. *Apiosoma* sp. obtenida en piel de trucha arco iris



Figura 14. *Gyrodactylus* sp. presente el piel en juveniles de trucha arco iris

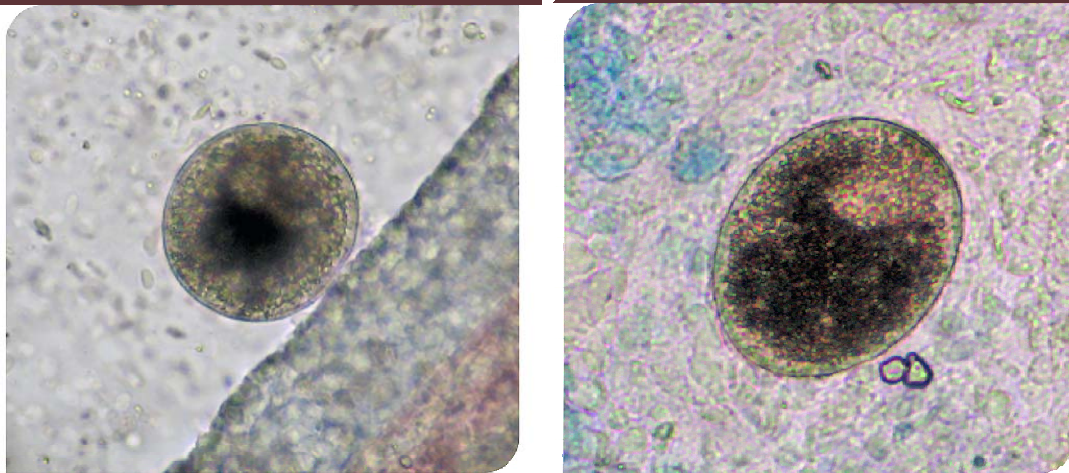


Figura 15. *Ichthyophthirius* sp. obtenido en branquias de trucha arco iris

IX. 2. Crecimiento

En la Tabla 6, se presentan los valores promedios de peso, longitud total y Factor de Condición Simple (K), así como el incremento del peso y LT, en donde cabe resaltar que los organismos de la unidad C al iniciar con los muestreos tenían una edad de tres meses en comparación con las unidades A y B que tenían un mes de edad.

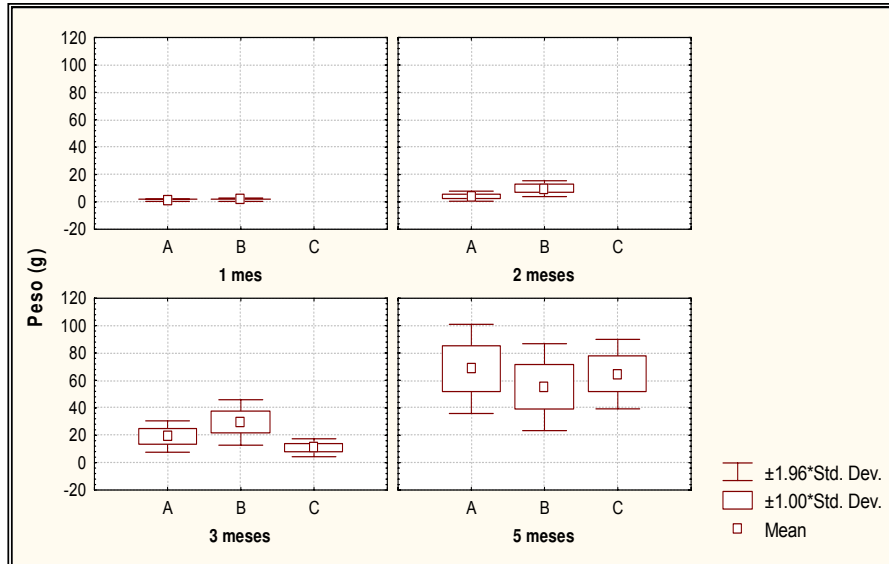
Tabla 6. Valores promedio de peso, talla y factor de condición simple (K) en las tres unidades de producción de trucha arco iris

UNIDAD	N	EDAD (meses)	PESO (g)	INCREMENTO DEL PESO (g)	LT (cm)	INCREMENTO LT (cm)	FACTOR CONDICIÓN SIMPLE (K)
A	30	1	1.21±0.44	-	5.02±0.60	-	0.78
	46	2	4.24±1.87	3.03	7.32±0.98	2.3	0.82
	40	3	18.74±6.11	14.52	11.87±1.34	4.55	1.26
	30	5	68.41±16.59	49.65	17.98±1.47	6.11	1.94
Incremento total				67.20		12.96	
B	29	1	1.62±0.65	-	5.44±0.64	-	0.63
	23	2	9.94±3.22	8.32	9.72±1.41	4.28	0.88
	34	3	29.31±8.46	19.37	13.33±1.13	3.61	0.46
	31	5	55.06±16.21	25.75	15.99±1.35	2.66	0.70
Incremento total				53.44		10.55	
C	15	3	10.91±3.34	-	9.65±0.80	-	0.94
	18	4	35.79±9.60	24.88	14.19±1.44	4.54	1.68
	40	5	64.63±12.94	28.84	18.10±1.52	3.91	0.69
	32	7	91.54±22.77	26.91	19.91±2.05	1.81	0.29
Incremento total				80.63		10.26	

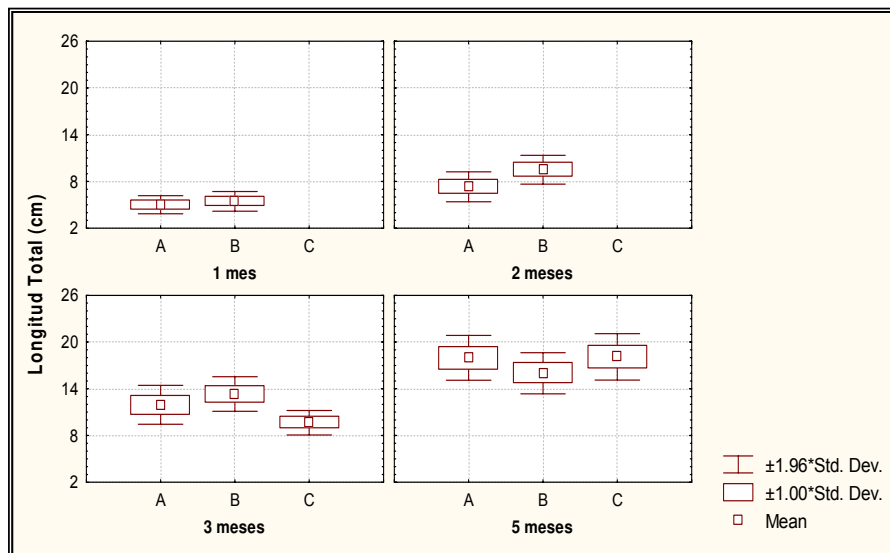
Los resultados obtenidos del crecimiento de los organismos en las unidades de producción fueron comparados estadísticamente, por medio del análisis de varianza (ANOVA), encontrando diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) tanto en peso como en LT (Tablas 7 y 8).

Con relación al peso, se observó que entre las unidades A y B, en los primeros tres meses de edad, la unidad B presentó mayor peso que la unidad A. De igual manera en la edad de cinco meses, se encuentran diferencias altamente significativas, sin embargo la unidad B ahora es quien presentó menor peso entre las unidades y que de acuerdo a la prueba de Tukey, la unidad B difiere de las demás (Gráfica 2).

Éste mismo comportamiento se presentó en la LT, encontrándose diferencias altamente significativas en todas las edades, siendo la unidad B de acuerdo a la prueba de Tukey la que difiere de las unidades A y C, cabe señalar que a la edad de cinco meses la unidad B presentó la talla más baja (Gráfica 3).



Gráfica 2. Comparación del peso por edad de los organismos entre las unidades de producción de trucha arco iris



Gráfica 3. Comparación de la longitud total por edad de los organismos en las unidades de producción

En la Figura 16 se observa la talla de los organismos de cada unidad de producción, donde se denota que los organismos de la unidad C presentan tallas más variables, mientras que de la unidad A y B se encuentran tallas más homogéneas.



Figura 16. Comparación de las tallas de los organismos a la edad de cinco meses donde la letra corresponde a la unidad de producción

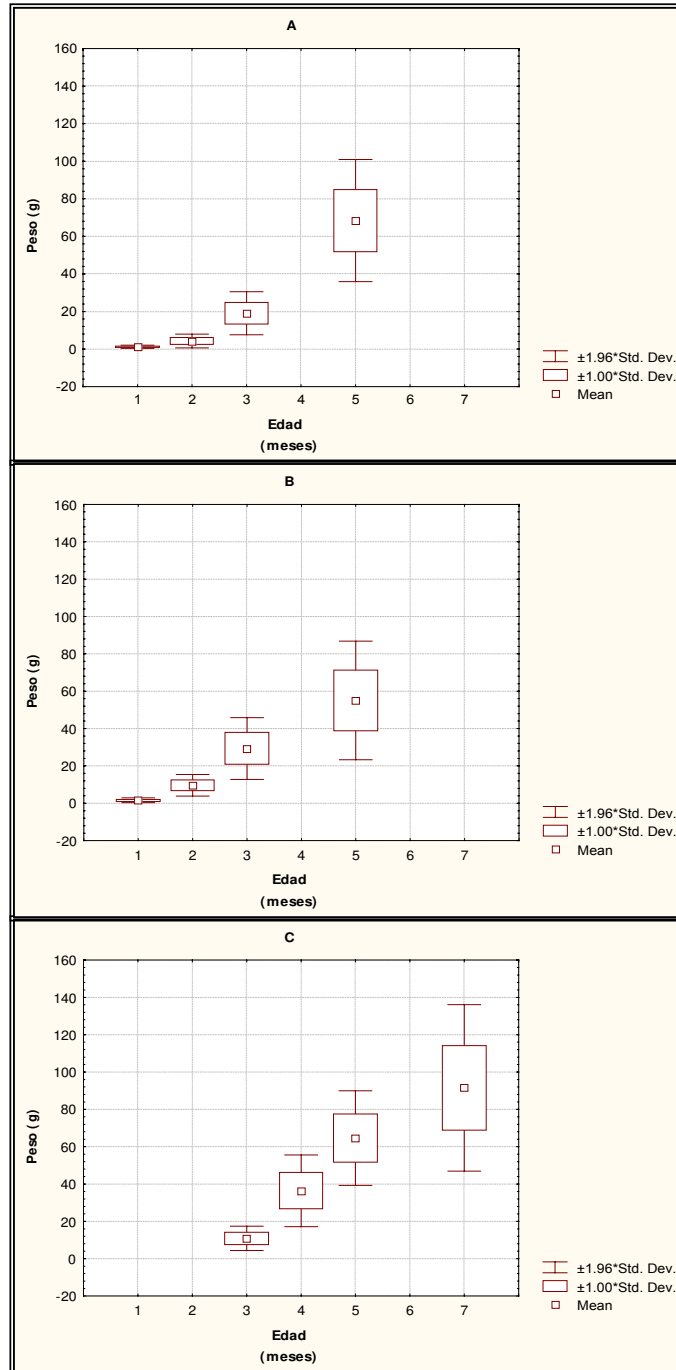
Tabla 7. Resumen de análisis de varianza de dos vías en las edades de uno y dos meses

Peso	G.L. Efecto	C.M. Efecto	G.L. Error	C.M. Error	F calculada	P
Edad	1	904.291	123	2.910710	310.677	0.000
Unidad	1	250.239	123	2.910710	85.972	0.000
Ed.-Unid	1	184.512	123	2.910710	63.390	0.000
Talla	G.L. Efecto	C.M. Efecto	G.L. Error	C.M. Error	F calculada	P
Edad	1	298.904	123	0.678	439.640	0.000
Unidad	1	50.357	123	0.678	74.067	0.000
Ed.-Unid	1	22.885	123	0.678	33.661	0.000
K	G.L. Efecto	C.M. Efecto	G.L. Error	C.M. Error	F calculada	P
Edad	1	.006	123	.000	129.365	0.000
Unidad	1	.000	123	.000	10.417	0.001
Ed.-Unid	1	.003	123	.000	69.486	0.000

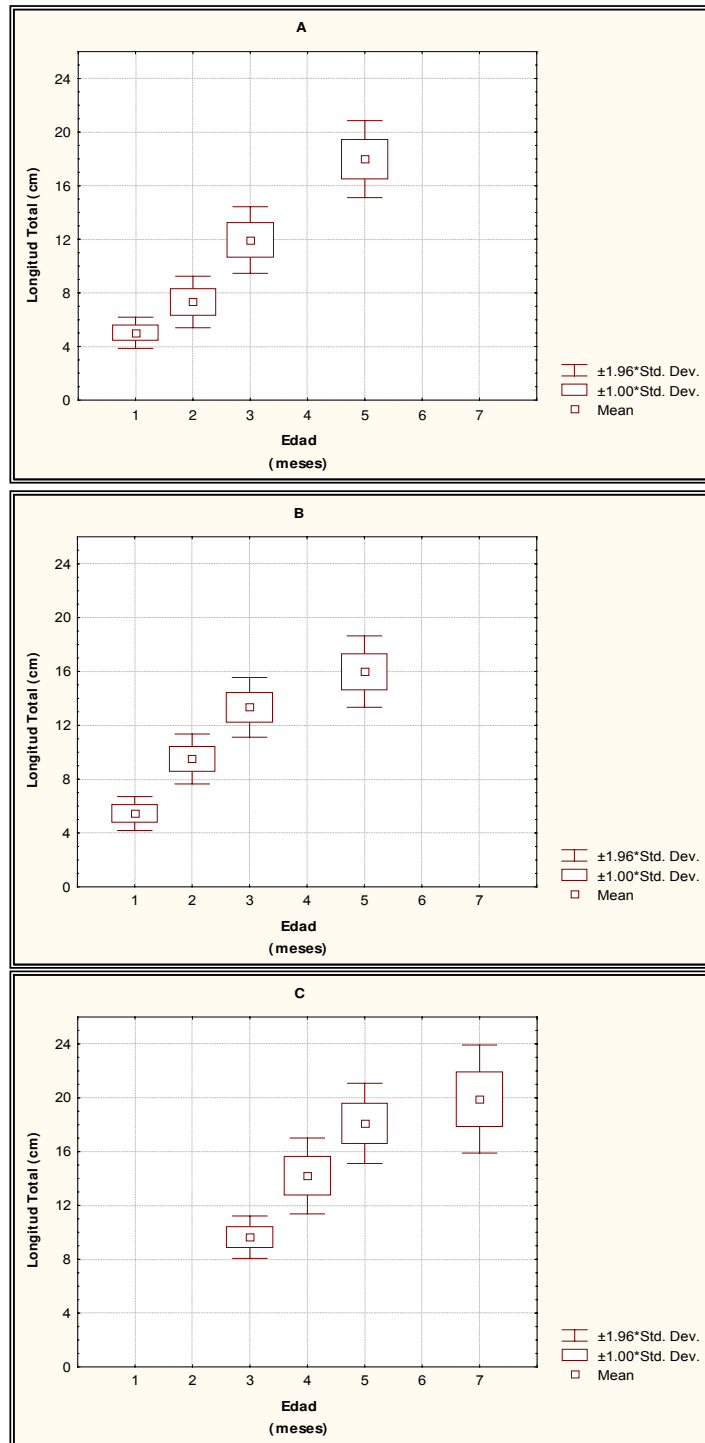
Tabla 8. Resumen de análisis de varianza de dos vías en las edades de tres y cinco meses

Peso	G.L. Efecto	C.M. Efecto	G.L. Error	C.M. Error	F calculada	P
Edad	1	77873.59	182	144.686	538.226	0.000
Unidad	2	485.26	182	144.686	3.354	0.037
Ed.-Unid	2	3319.62	182	144.686	22.944	0.000
Talla	G.L. Efecto	C.M. Efecto	G.L. Error	C.M. Error	F calculada	P
Edad	1	1379.801	182	1.753	787.241	0.000
Unidad	2	16.065	182	1.753	9.165	0.000
Ed.-Unid	2	114.373	182	1.753	65.255	0.000
K	G.L. Efecto	C.M. Efecto	G.L. Error	C.M. Error	F calculada	P
Edad	1	2.216	182	0.0009	2606.362	0.000
Unidad	2	1.464	182	0.0009	1722.323	0.000
Ed.-Unid	2	1.238	182	0.0009	1455.838	0.000

Por otra parte, analizando los resultados del incremento del peso por unidad, en la Gráfica 4, se observa que en los primeros dos meses de edad, la variabilidad (altura de la caja) no era tan amplia y que a partir de los tres meses la variabilidad fue aumentando; éste comportamiento se presentó en las tres unidades de producción, caso que no ocurrió con la LT. Esto indica que el peso puede ser más sensible a las respuestas individuales a las condiciones de cultivo (Gráfica 4).



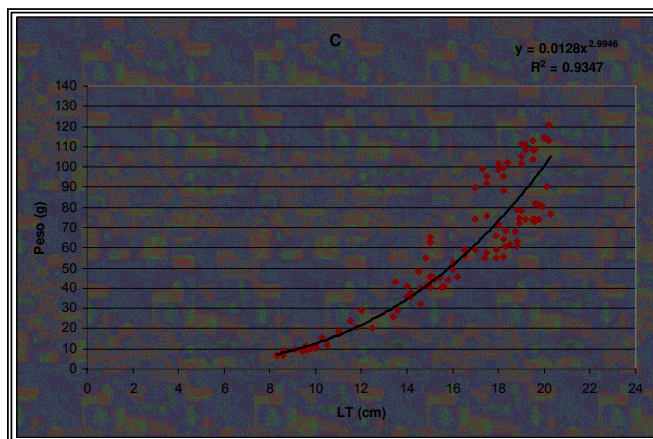
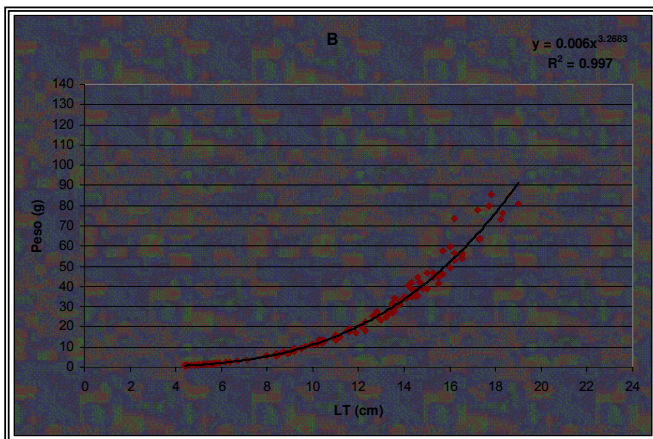
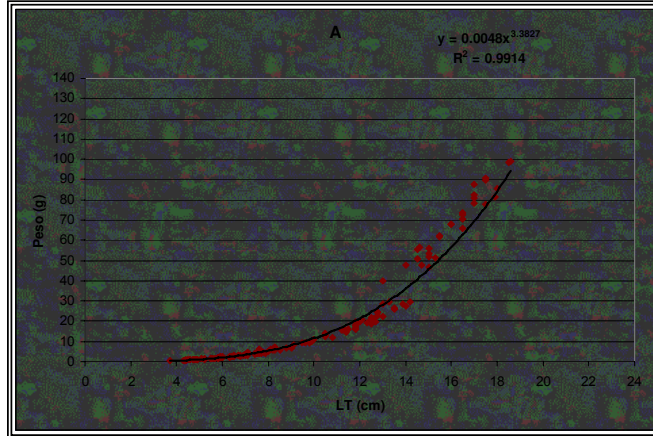
Gráfica 4. Muestra la variabilidad y el incremento del peso en los organismos de cada una de las unidades de producción



Gráfica 5. Incremento y la variabilidad de la longitud total en los organismos de cada una las unidades de producción

IX. 3. Relación Peso-Talla de los organismos

La relación peso-talla de los organismos durante el periodo de estudio en las tres unidades de producción tuvo un mejor ajuste al modelo potencial (Gráfica 6), donde se observa que las unidades A y B presentan en cuanto a la LT un rango de 4 a 19 cm y en peso la unidad A presenta un rango de 1 a 100 g, mientras que para la unidad B es ligeramente menor de 1 a 90 g.



Gráfica 6. Relación Peso-Talla de los organismos durante el periodo de estudio en cada una de las unidades de producción

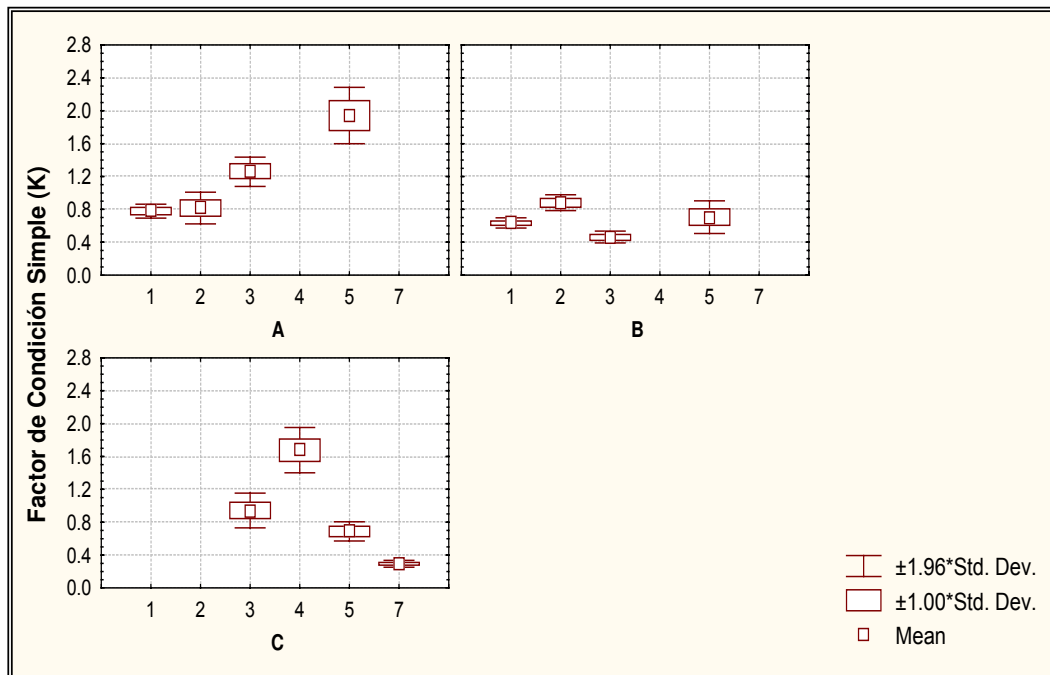
La unidad A, a partir de los 14 cm. de LT se encuentran puntos muy dispersos lo que denota una mayor variabilidad de pesos entre los organismos, caso que se presenta en la unidad B a partir de los 16 cm de LT.

Con relación a la unidad C, los organismos iniciaron con un peso entre 8 y alcanzaron hasta 120 g y una LT de 8 a 23 cm., y presentaron una mayor dispersión de puntos, lo que indica mayor variabilidad que en las unidades A y B, además de que ésta variabilidad se presenta a partir de los 12 cm (Gráfica 6). Cabe señalar que ésta unidad de producción fue la que mayor parásitos y prevalencia presentó y que la gran variabilidad puede ser atribuido por la presencia de éstos.

En cuanto al Factor de Condición Simple (K), se puede observar un decremento en las unidades B y C a las edades de tres y cinco meses respectivamente. Estadísticamente de acuerdo al análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas entre las unidades ($P < 0.01$).

La prueba de Tukey determinó que el primer mes de edad la unidad A fue mayor que la B, mientras que a los dos meses, la unidad B fue mayor. A los tres meses de edad, hubo diferencias altamente significativas entre las tres unidades, siendo nuevamente la unidad A mayor y la unidad B nuevamente fue la menor (Gráfica 7).

Por otra parte, a la edad de 5 meses el valor de K fue mayor nuevamente en la unidad A, mientras que en las unidades B y C fueron similares (Figura 7).



Gráfica 7. Comparación Factor de Condición Simple (K) entre las tres unidades de producción de trucha arco iris

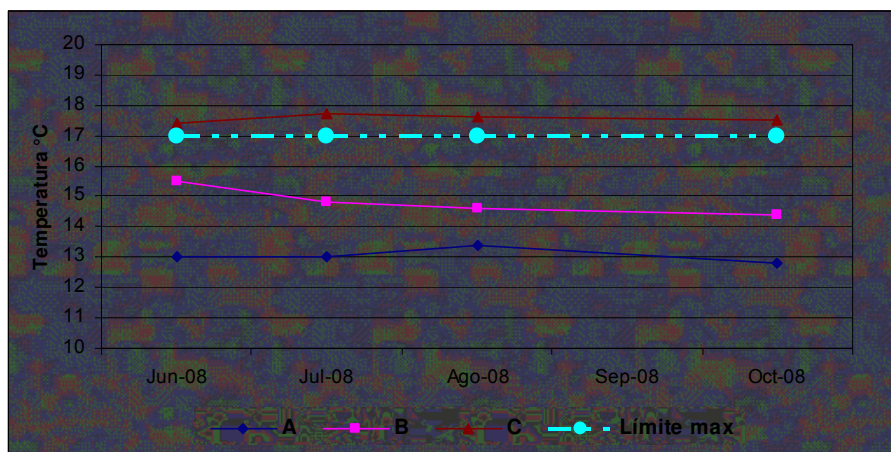
IX. 4. Características Fisicoquímicas del agua

Las características del agua de las tres unidades del estanque seleccionado en cada una tanto de la superficie como en el fondo se presentan en la Tabla 9. Los valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto registrados durante los 4 muestreos, se encuentran dentro del rango óptimo, excepto en la temperatura de la unidad C tanto en la superficie como en el fondo, ya que se encuentra por encima del rango límite (línea punteada) y en el oxígeno disuelto el mes de junio, se encuentra por debajo del óptimo tanto en la superficie como en el fondo en las tres unidades de producción y en el mes de agosto sólo se presentó en la unidad B y en octubre en el fondo en la unidad C.

Con relación a la temperatura, la menor se presentó en la unidad A entre 12.8 °C y 13.4 °C, mientras que la mayor fue en la unidad C con una temperatura entre 17.4 °C y 17.6 °C durante las cuatro mediciones realizadas (Gráfica 8).

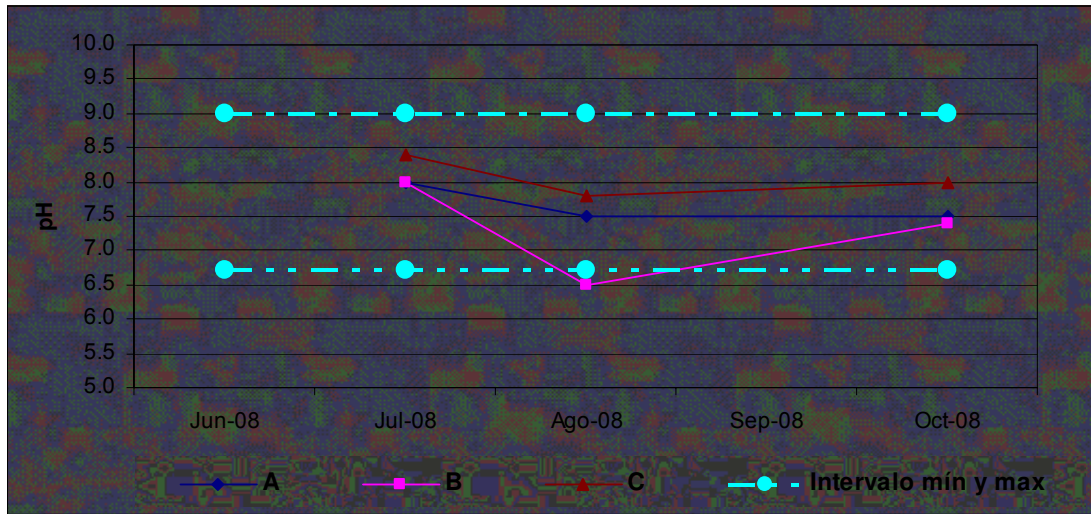
Tabla 9. Características fisicoquímicas del agua de las tres unidades de producción de trucha arco iris

Parámetro	Muestreo	A		B		C	
		Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
Temperatura °C	Jun-08	13	13	15.5	15.5	17.4	17.4
	Jul-08	13.1	13	14.8	14.8	17.6	17.6
	Ago-08	13.4	13.4	14.6	14.6	17.6	17.6
	Oct-08	12.8	12.8	14.4	14.4	17.5	17.5
pH	Jul-08	8	8	8	8	8.4	8.4
	Ago-08	7.5	7.5	6.5	6.5	7.8	7.8
	Oct-08	7.5	7.5	7.4	7.4	8	8
Oxígeno Disuelto (mg/L)	Jun-08	4.4	3.6*	4.51	4.36	4.06	4.06
	Jul-08	6.14	5.66	5.14	4.9	5	4.85
	Ago-08	5.78	5.66	4.38	4.32	5	4.9
	Oct-08	5.9	5.9	5.3	5	5.59	4.42



Gráfica 8. Variación de la temperatura en cada estanque durante el periodo de estudio en las tres unidades de producción de trucha arco iris

Con relación al pH (Gráfica 9), se observa que la unidad B presentó mayor fluctuación en comparación de la unidad A y C, siendo menor durante el mes de agosto con un pH de 6.5, tanto en el fondo como en la superficie, mes en que fue ácido, mientras que en general en las tres fue alcalino.

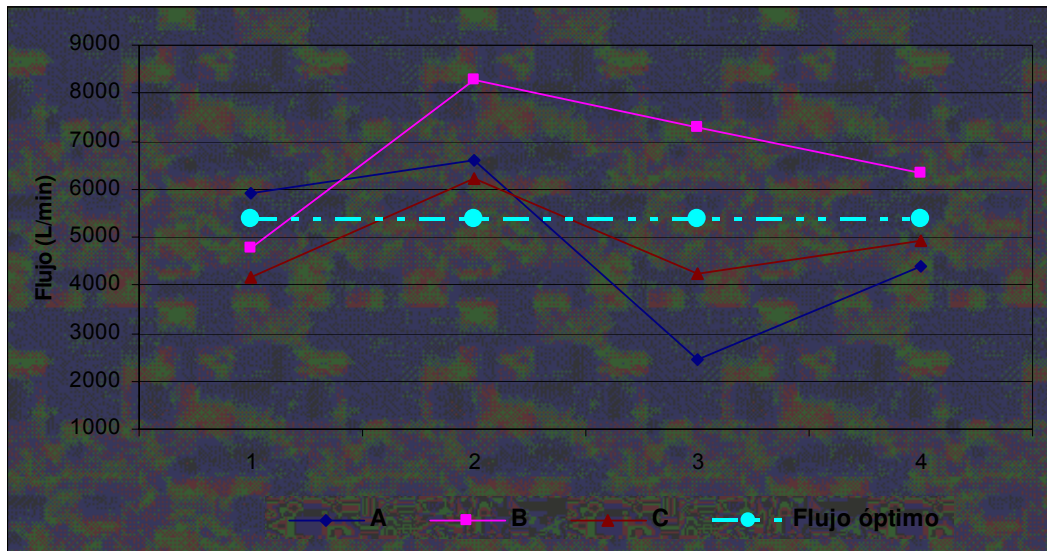


Gráfica 9. Variación del pH en cada estanque durante el periodo de estudio en las tres unidades de producción de trucha arco iris

En la Tabla 10 y Gráfica 10, se presentan los flujos, observándose que al mes de junio le correspondió el flujo más bajo en todas las unidades. Posteriormente la unidad B es la que tuvo mejor flujo en los meses de Julio, Agosto y Octubre (8275.2, 7299.6 y 6348 L/min. Respectivamente), mientras que la unidad C, el flujo fluctuó entre 4000 y 6000 L/min.

Tabla 10. Valores de flujo de agua registrados en las tres unidades de producción

U. P.	MES	Flujo L/min.
A	Jun-08	5904
	Jul-08	6590.4
	Ago-08	2444.4
	Oct-08	4380
B	Jun-08	4776
	Jul-08	8275.2
	Ago-08	7299.6
	Oct-08	6348
C	Jun-08	4152
	Jul-08	6230.4
	Ago-08	4244.4
	Oct-08	4926



Gráfica 10. Flujo de las tres unidades de producción de trucha arco iris

IX. 5. Características de las Unidades de Producción

En la Tabla 11, se resume algunas características de cada una de las unidades de producción relacionadas con la producción de la trucha arco iris, en donde se observó que, entre las principales que se integran a los resultados están: la procedencia de los organismos los cuales son importados de Estados Unidos, cuentan con estanques de corriente rápida y circulares, salvo la unidad C que no tiene estanques circulares.

Tabla 11. Resumen del manejo en las Unidades de producción de trucha arco iris

UNIDADES DE PRODUCCIÓN		A	B	C
Tamaño del Lote		10000	50000	3000
Número de organismos en el estanque		1000	2500	2900
Fecha de introducción		18 de Mayo 2008	21-Mayo-08	05-Junio-08
Edad (meses)		1	1	3
Alimento		Pedregal y Purina	Pedregal	Pedregal
No. de veces que se les da alimento/día		2	6	3
Tipo de suministro		Manual	Manual	Manual
Talla comercial gr.		300	300	300
Tiempo en alcanzar talla comercial (meses)		8	8	7
Producción anual (Toneladas)		12	30	1.2
No. de organismos/m ³		101	100	111
No. estanque/ capacidad		2 (9.9 m ³)	52 (27 m ³)	1 (30 m ³)
Tipo de estanque		Concreto tipo raceway	Concreto tipo raceway	Concreto tipo raceway
Tratamiento		Baños con Sal	Baños con Sal y Formol	Baños con Sal
Procedencia de los organismos		EE.UU.	EE.UU.	Zembo (EE.UU.)
Origen del agua (Flujo l/s)		Río Itzatlta (30-35 l/s lluvias y 18l/s estiaje)	Manantial San Miguel Regla (175 l/s)	Reusa el agua de la unidad A
No. de Estanques	Corriente rápida	11	52	4
	Circulares	7	2	-
Tapete sanitario	Vehicular	Si	-	No
	Peatonal	Si	Si	No
Oficina		Si	-	-
Almacén	AllPento	Si	Si	1 cuarto de lámina para alimento y herramienta
	Herramienta	Si	Si	
Redes		Para cada área (Cuarentena y estanquería)	Para cada área (Cuarentena y estanquería)	Mismas redes para todos los estanques
Lavado de estanques		Cloro cada semana	Cloro cada semana	Cloro cada tercer día
Lavado de redes		Cloro cada que las utilizan	Cloro cada que las utilizan	Cloro cada que las utilizan

Los estanques en donde se encontraban los organismos que fueron evaluados se encontraban en estanque de concreto de tipo raceway, la densidad de carga para la unidad A fue de 101 organismos/m³, en la unidad B de 100 organismos/m³ y la C de 111 organismos/m³ (Tabla 11 y Figura 17).



Figura 17. Estanque de estudio de la Unidad de Producción A, mostrando la densidad de organismos

En las figuras 18, 19 y 20 se presentan las instalaciones de la unidad A y en la figuras 21 la infraestructura de la unidad B, las cuales cuentan con oficina, sala de cuarentena, sala de incubación, bodegas para el alimento y herramienta, las instalaciones se encuentra cercadas y área de estanquería, mientras que la unidad C, carece de oficina, y de bodega tanto de alimento como de herramienta (Figuras 22).

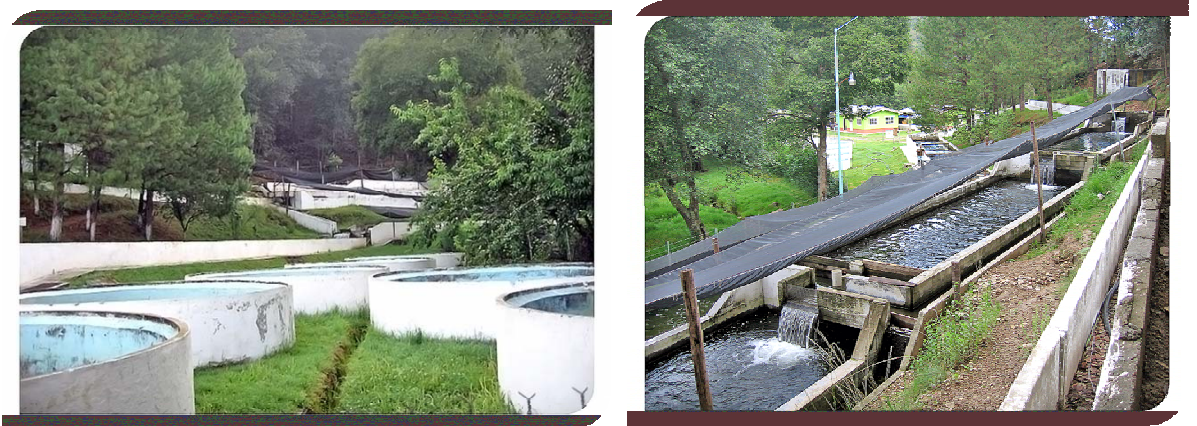


Figura 18. Tipo de estanques de la unidad de producción A



Figura 19. Bodega de alimento (foto superior) y oficina y sala de juntas (foto inferior) de la unidad de producción A

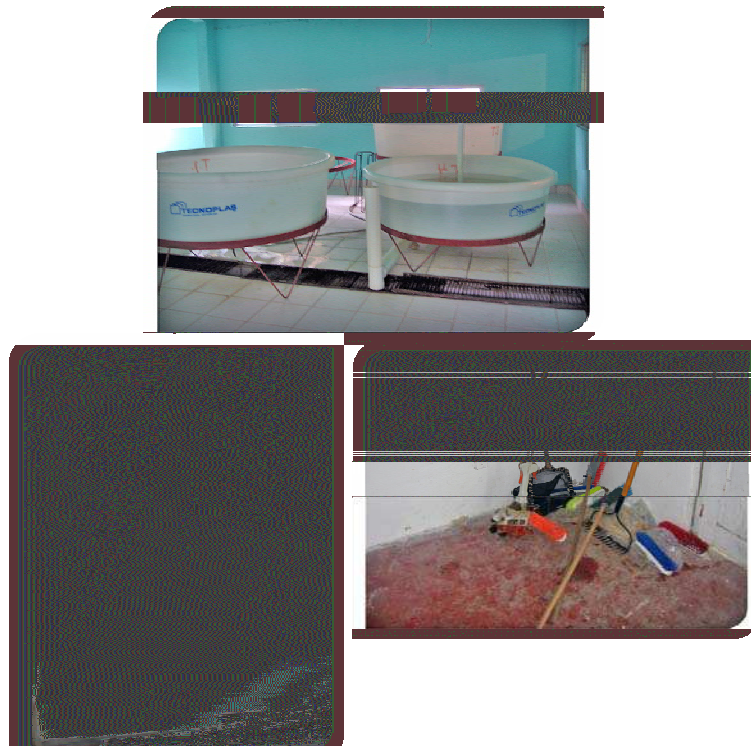


Figura 20. Sala de cuarentena (foto superior) y bodega de herramienta (foto inferior) de la unidad de producción A



Figura 21. Tipo de estanques, sala de incubación, bodega de alimento y bodega de herramienta de la unidad de producción B



Figura 22. Estanquería y área donde almacena el alimento y la herramienta la unidad de producción C

Con relación a la producción anual en toneladas, la unidad B produce 30, 15 la unidad A y 1.2 la unidad C. El tiempo que tardan los organismos en llegar a la talla comercial (300 g) es de 7 - 8 meses. Sin embargo se observó que en la unidad C que tenían la edad de 7 meses alcanzaron el peso de 91.54 gramos y que es atribuido a la presencia de los parásitos que demerita el bienestar de los organismos.

Otras de las características importantes dentro de una unidad de producción son las prácticas sanitarias, entre las que destacan que los estanques son lavados semanalmente en las unidades A y B, mientras que la unidad C cada tercer día, y una vez que desocupan los estanques los desinfectan con cloro en las tres unidades antes de colocar a nuevos organismo.

El material como redes, botes y mangueras es desinfectado con cloro en las unidades tres unidades de producción (Figura 23).



Figura 23. Pileta de la unidad de producción B, para la desinfección del material con cloro

Los organismos son tratados con baños de sal si se presenta problemas de mortalidad, la cual registran por día y esta mortalidad es más común en alevines y crías. Cabe mencionar que la unidad B además de sal, realiza baños con formol, a pesar de tener el conocimiento de que es un químico nocivo para la salud y contaminante para el ambiente.

La unidad A cuenta con tapete sanitario vehicular y peatonal ubicados en las entradas de cada área, como de cuarentena, sala de incubación y en el acceso de los estanques, mientras que la unidad B sólo peatonal, igual para cada área y la unidad C carece de ambos (Figura 24).



Figura 24. Tapetes sanitarios presentes en las unidades A (Foto superior) y B (Foto inferior)

Por otra parte, el tipo de alimento que se suministra en las unidades de producción principalmente es Pedregal y en la unidad A además proporcionan Purina. El número de veces que se alimentan es de 2 en la unidad A, 6 en la B y 3 en la unidad C, éste es almacenado en bodegas libre de humedad y sobre tarima (Figura 25).

Cabe señalar, que el origen del agua que abastece las unidades de producción en el caso de la unidad de producción A se obtiene del Río Itzatlá, mientras que la unidad C reutiliza el agua de la unidad A y la unidad B es abastecida del Manantial San Miguel Regla.

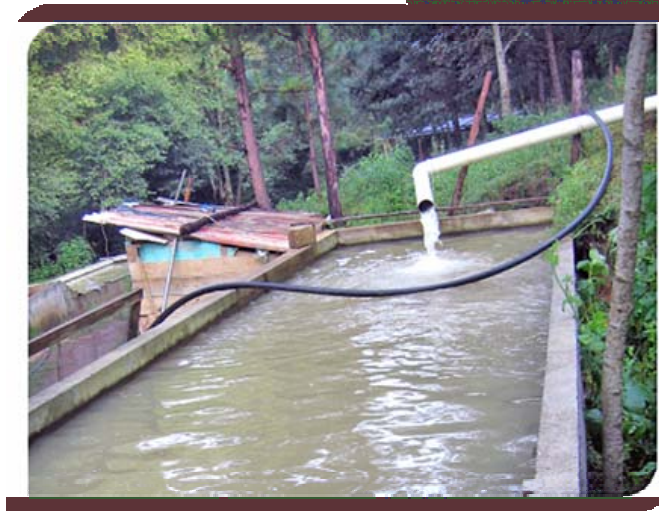
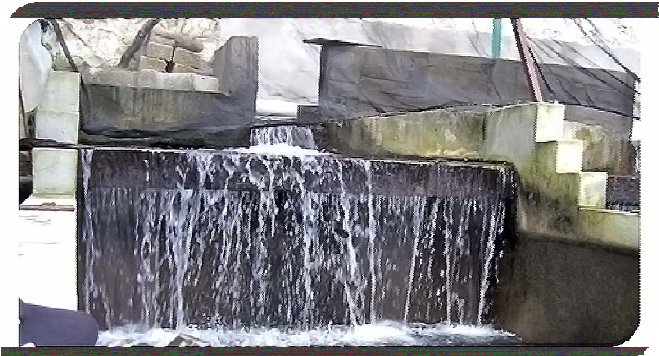


Figura 25. Abastecimiento del agua de la unidad de producción A (Foto superior), unidad de producción B (Foto intermedia) y unidad de producción C (Foto inferior)

Otras observaciones importantes relacionadas con la sanidad fueron que en las unidades A y C en sus alrededores habían zonas agrícolas principalmente cultivo de maíz, así como la presencia de aves y perros, mientras que en la unidad B sólo la presencia de aves (Figura 26).



Figura 26. Fuentes de contaminación para las unidades de producción

X. DISCUSIÓN

Los protozoarios ectoparásitos se encuentran presentes en todas las etapas de desarrollo de la trucha arco iris, sin embargo, en una población el impacto que tienen depende del número de organismos en que se detectan (prevalencia), así como en que cantidad (intensidad media) (Crespo y Crespo 2003).

En el presente estudio fueron identificados protozoarios y platelmintos ectoparásitos, siendo predominantes en piel los protozoarios ciliados de los géneros *Trichodina* sp. *Apiosoma* sp. y *Ichthyophthirius multifiliis* y el monogéneo *Gyrodactylus* sp., mientras que en branquias sólo se identificaron *Trichodina* sp. e *Ichthyophthirius multifiliis*. Resultados que coinciden con los reportados por Altunay y Yldz (2008) en donde examinaron en truchas arco iris la superficie de la piel, aletas y branquias, determinando *Trichodina* sp con una prevalencia del 85%, *Epistylis* sp. 65%, *Apiosoma* sp 9.5% y *Chinolodella* sp. 25 %.

Éstos parásitos pueden llegar a ser un factor limitante para el desarrollo de los organismos, debido a su rápida multiplicación y transmisión directa que, si no son controlados a tiempo, pueden conducir a enfermedades secundarias producidas por patógenos oportunistas como las bacterias o virus que ocasionan afecciones severas demeritando la calidad del producto y/o altas mortalidades (Ogut y Akyol, 2007).

En la unidad C fue en donde se presentó la mayor prevalencia y número de ectoparásitos, a comparación de la unidad B en donde sólo *Ichthyophthirius* sp. fue reportado en piel como en branquias. De igual manera se observó exceso de mucosidad en todo el cuerpo y branquias, lo cual afecta la respiración produciendo estrés, que reduce la condición de los peces, provocando así, la entrada de patógenos oportunistas ya señalados (Klontz, 1991).

Ichthyophthirius sp., se presentó solo en el mes de agosto tanto en la unidad B como en la C y es uno de los parásitos del grupo de los protozoarios más patógenos por inducir la producción excesiva de moco, éste exceso causa estrés crónico en los peces y aunque en algunos casos no se producen mortalidades, si afecta el crecimiento y activa el sistema inmune (Ogut *et al.*, 2005).

Jorgensen y Buchmann (2007) reportan a *I. multifiliis* como el principal causante de altas mortalidades dentro de las enfermedades parasitarias en la acuicultura. Sin embargo, en el presente estudio, no fue causante de altas mortalidades en las unidades de producción donde estuvo presente.

Trichodina sp. y *Apiosoma* sp. como ya se mencionó fueron reportados en piel en la unidad C, presentando altos porcentajes de prevalencia en todos los muestreos realizados y en branquias *Trichodina* sp. sólo en el mes de agosto con una prevalencia del 30.38% y una IM de 30. Mientras que *Gyrodactylus* sp. en piel fue identificado en el mes de octubre con una prevalencia del 27.27% y una IM de 3.

Li *et al* (2008) mencionan que los protozoarios como *Apiosoma* sp., son muy comunes es peces de agua dulce.

Los ectoparásitos aquí identificados coinciden con los reportados por Vera *et al.* (2006) y Ogut y Akyol (2007), quienes reportan *Trichodina claviformis*, *Ichthyophthirius multifiliis*, *Gyrodactylus* sp. *Ichthyobodo necator*, *Chilodonella piscicola*, y *Apiosoma piscicolum*, y mencionan que los primeros cuatro pueden causar epizootias.

Luzardo *et al.* (2003) mencionan que los salmónidos son afectados por una gran cantidad de parásitos entre los principales se encuentra los monogéneos *Gyrodactylus* sp. los flagelados *Ichthyobodo necator* y *Hexamita salmonis* y por ciliados *Ichthyophthirius multifiliis* y Garbol *et al.* (2007) reportan que la trucha arco iris es un buen hospedero para *Gyrodactylus derjavini* que principalmente ocupa las aletas, mientras que *Gyrodactylus salaris* se extiende a lo largo de toda la superficie del cuerpo y en algunas ocasiones en aletas, éste último se encuentra dentro de las enfermedades de la lista de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2009).

Con relación a la presencia de éstos ectoparásitos Meyer (1991) y Lindenstrom *et al.* (2004) señalan que las enfermedades constituyen un problema que causan pérdidas económicas en la acuicultura, principalmente *Ichthyophthirius* y *Chilodonella* pueden causar mortalidades en cualquier fase de desarrollo e inclusive en el adulto.

Enfermedades como las virales y bacterianas provocan altas mortalidades, sin embargo, las parasitarias si bien no causan directamente mortalidades, si influyen de manera negativa sobre el crecimiento (Rodríguez *et al.*, 2005).

Bajo en éste contexto, se reporta que de junio a octubre de 2008, con relación al peso la unidad A presentó un incremento total de 67.20 g con una talla de 12.9 cm; la unidad B, 53.44 g y una talla de 10.5 cm, mientras que la unidad C tuvo un peso de 80.63 g y 10.2 cm. Cabe señalar que la unidad C se trataba de organismos juveniles con una edad de 7 meses mientras que las dos primeras se iniciaron el muestreo en fase de desarrollo de crías.

Como se puede observar, al comparar las unidades de producción A y B quienes presentaban la misma edad (5 meses), la unidad A en donde no se reportaron la presencia de parásitos presentó mayor incremento tanto en peso como en longitud total.

Éste mismo comportamiento se vio reflejado en los valores del Factor de Condición Simple (K), presentando diferencias altamente significativas entre las unidades, en donde la unidad A fue mayor en todas las edades sin presentar bajas, mientras que en la unidad B a la edad de tres meses disminuyó el valor de K, hecho que puede ser atribuido a la presencia del protozoario *Ichthyophthirius* sp., ya que el valor de 0.88 bajó a 0.46.

Éstos resultados coinciden por los reportados por Ogut *et al.* (2005), ya que en trucha arco iris de talla comercial registran valores de factor de condición de 1.0, mientras que en organismos con *I. multifiliis*, señalando que la presencia de éstos parásitos sin importar el número afecta la condición de los organismos.

En la unidad C al presentarse el mayor número de ectoparásitos impactó directamente el crecimiento de los organismos, y los valores promedio del Factor de Condición Simple (K) fueron bajos y con un amplio rango. Éstos resultados se deben a causa de que al existir más de dos especies de parásitos en los hospederos afectan significativamente la

condición de los organismos, resultados que coinciden con los reportados por Barker *et al* (2002), quienes mencionan que al existir una asociación entre parásitos como *Trichodina* sp. y *Gyrodactylus* sp., como ocurrió en ésta unidad, y que a pesar de que éstos no son altamente patógenos, si observaron una reducción en el Factor de Condición, de 1.43 a 1.03, y un declive en el aumento de peso durante el pico de la abundancia de los parásitos (Ogut y Akyol 2007).

No sólo la presencia de parásitos influyen sobre el bienestar de los organismos (K), ya que la temperatura presente en la unidad C se encontraba por encima del rango límite, lo que ocasiona estrés en las truchas, y el pH ácido en la unidad B en el mes de agosto, periodo en que el factor de condición disminuyó.

Por otro lado, *Trichodina* sp., es considerada como parásito indicador de contaminación del agua (Ogut y Akyol 2007).

El Factor de Condición (K), es uno de los criterios más importantes en la acuicultura para evaluar el grado de bienestar de los organismos y elementos como la calidad del agua, el alimento, la presencia de patógenos, la temperatura y pH influyen de manera significativa sobre el valor (Rodríguez y Marañón, 1993).

Los valores de K de la unidad A en edades de 3 y 5 meses, coinciden con los reportados por Akbulut *et al.* (2002); Karakatsouli *et al.* (2007), Başçınar *et al.* (2007) y Ogut y Akyol, (2007), en trucha arco iris (1.0 a 1.6), sin embargo se puede observar que los valores de K obtenidos en los primeros dos meses de edad se encuentran por debajo de 1.0. Cabe mencionar, que éstos se trataban de crías, mientras que los valores reportados por los autores eran organismos juveniles y de talla comercial.

También se pudo notar que a partir de los tres meses de edad en las tres unidades en cuanto a peso, se va presentando una mayor dispersión en los valores. Esto se ve claramente al realizar la relación Peso-Talla, en donde la variación es mínima en crías y conforme van creciendo los organismos ésta dispersión se va ampliando, hecho que se observa a partir de los 14 cm., y en el caso de la unidad C, se puede observar la conformación de dos grupos que éstos podría estar atribuido a la maduración gonádica (Rodríguez y Marañón, 1993).

Quince *et al.* (2008) reportan que esta dispersión en los valores está dado, porque en algunos peces empiezan su maduración sexual, pero éste no es el caso ya que en los organismos muestreados eran de edades de 5 y 7 meses y la madurez sexual de ésta especie comienza en machos a partir del primer año de edad, mientras que en hembras a los tres años (Camacho *et al.*, 2000).

Si bien, la presencia de ectoparásitos influyen directamente sobre el crecimiento y desarrollo de los organismos, el agua es el factor más importante en las unidades de producción, ya que dependiendo de su calidad y cantidad permite o no el desarrollo y crecimiento de los ectoparásitos, así como de los mismos organismos en cultivo (Sener, 2002).

Yu y Ueng (2001) reportan que la temperatura tiene relación estrecha con el crecimiento. Indican que en la trucha café *Salmo trutta* a temperatura menores de 7 °C y mayores a

19 °C el crecimiento es lento. Por otra parte Camacho *et al.* (2000) menciona que la temperatura óptima para el crecimiento en trucha arco iris *O. mykiss* esta entre los 7.2 °C y 17 °C; mientras que Ineno *et al.* (2005) y Cakir (2002) señalan que la óptima está entre los 12 °C y 20 °C.

A pesar de que se reportan diferentes rangos óptimos de temperatura para el crecimiento, las tres unidades de producción se encontraron dentro de estos rangos ya que la temperatura promedio de la unidad A fue de 13 °C, de la unidad B fue de 15 °C y de 17.5 °C para la unidad C.

Sin embargo, éstas temperaturas no sólo favorecen el crecimiento de las truchas, sino también de algunos patógenos como al protozoario ciliado *Ichthyophthirius multifiliis*, en donde Ogut *et al.* (2005) reportan que éste, estuvo presente y activo cuando la temperatura del agua estuvo por encima de los 14 °C y la mortalidad por *I. multifiliis* se presentó a temperatura por encima de los 18° C y que la mayor prevalencia, abundancia e intensidad, ocurrió en el mes de agosto, resultados que conciden con los reportados por Ogut y Akyol (2007), así como en el presente trabajo.

Barker *et al.* (2002) señalan que la intensidad de *Gyrodactylus derjavini* aumentó en trucha arco iris con el incremento de la temperatura del agua. De igual manera Hakalahti *et al.* (2005) reporta la presencia de *Argulus coregoni* a temperaturas de 16 °C, que si bien no se determinaron estos ectoparásitos en el presente trabajo, es importante considerarlo para prevenir posibles infecciones.

El oxígeno disuelto (O) que es otra de las características importantes del agua, en las tres unidades de producción durante el mes de junio, se encontró por debajo del valor límite (< 5 mg/L), y en la unidad B también en agosto, siendo crítico en la unidad A en que presentó un valor de 3.6 mg/L que de acuerdo a Yokoyama (2003) es el valor límite para que los organismos presenten un crecimiento normal ya que menor a 2 mg/L se encuentra en el margen para mantener con vida a los organismos cultivados.

Camacho *et al.* (2000), reporta que la concentración del oxígeno en el agua aumenta si el flujo es mayor.

Con relación al pH, el rango óptimo para trucha arco iris es de 6.7 a 9 (Camacho *et al.*, 2000), en las tres unidades se encuentra dentro del rango en todos los muestreos, salvo en la unidad B, que en el mes de agosto presenta un valor de 6.5. Sin embargo, no es un valor crítico como señala Santos *et al.* (2008) quienes demuestran que valores de 5.5 inducen múltiples alteraciones en la fisiología del pez y, particularmente en la estructura de la piel, provocando una descamación de las capas epiteliales. Además, genera cambios endocrinos y desencadena una situación de estrés capaz de modificar en forma notoria numerosos procesos fisiológicos, tales como, la osmoregulación, la reproducción, el crecimiento y la defensa inmunológica.

El flujo presente en las tres unidades fue fluctuante, en las unidades A y C se registran valores por debajo del rango de 5,400 L/min establecido por la SEPESCA 1984-1989 citado por Camacho *et al.* (2000), tanto que la unidad B tuvo el mejor flujo en todos los muestreos realizados, salvo en el mes de Junio. Cabe señalar que el valor más bajo se presentó en la unidad A en el mes de agosto, sin embargo, esto se debió a que los

organismos fueron cambiados a otro estanque en donde el tubo de la salida del agua era mas chico y con poca presión.

Ogut *et al.* (2005) y Akbulut *et al.* (2002) reportan que la insuficiente circulación, abastecimiento, intercambio del agua, limpieza y desinfección de los estanques, así como el inadecuado manejo sanitario dentro de las unidades influyen en la presencia de éctoparásitos como el caso de *I. multifilis* y de otros protozoarios como las *Trichodina* sp., y *Apiosoma* sp. se encuentran asociados a incrementos de materia orgánica en los estanques por lo que se consideran indicadores de contaminación orgánica (Ogut y Akyol 2007).

Bajo este contexto, la unidad de producción C presenta ciertas deficiencias con relación a las otras unidades, empezando con la calidad del agua ya que ésta proviene de otra unidad de producción y no del Río. En consecuencia, a través del agua no solo recibe residuos orgánicos y sustancias como el amonio generadas en la otra unidad de producción, sino los patógenos que pudieran estar presentes en ésta. Es por lo anterior, que autores como Camacho *et al.* (2000) y Sener (2002) recomiendan que el flujo de agua entre estanques no se realice en una conexión en serie, sino en paralelo, a fin de poder confinar los problemas y no distribuirlos a través de varios estanques o unidades de producción. Otra deficiencia es que no cuenta con tapetes sanitarios peatonales ni vehiculares, los cuales son barreras contra la introducción de patógenos, pero también para su diseminación fuera de la unidad.

Por otro lado respecto al alimento, en la unidad C se almacena en una estructura de madera y láminas de cartón, aunque está sobre una tarima; aún así es vulnerable al ataque por roedores, además, de que el espacio también lo utilizan como almacén para el equipo y herramienta.

De acuerdo a las prácticas sanitarias en las tres unidades de producción, se tiene que todas lavan y desinfectan los estanques con cloro, así como las redes y que al presentarse problemas de infección por patógenos, realizan baños con sal y además de este la unidad B también utilizan formol.

Sin embargo, investigadores como Jorgensen y Buchmann (2007) y Gieseke *et al.*, (2006) reportan que el formol es un químico efectivo para el control de ectoparásitos como son los ciliados, los platelmintos monogéneos y algunos hongos como *Saprolegnia parasitica* pero provoca estrés en los organismos haciéndolos susceptibles a otros patógenos.

Esto mismo mencionan Buchmann *et al.* (2004) que además de ser éste químico un contaminante para los cuerpos de agua, es tóxico para la trucha arco iris, ya que disminuye la mucosidad de los filamentos branquiales debido a la exposición de concentraciones altas de formol (200 a 300 ppm x 1 hora), estresando además a los organismos permitiendo así la entrada de patógenos oportunistas. Que como bien se sabe, la mucosidad es un mecanismo de defensa que proporciona protección a los peces ya que contiene productos antimicrobianos inespecíficos como interferón, lisozima, y proteína C activa e inmunoglobulinas específicas (Santos *et al.*, 2008).

Debido a lo anterior, Susuki *et al.* (2006) proponen baños con extracto de té verde (GTE) que remueve el 96.6% de los ectoparásitos tales como el *I. necator* en salmones, estableciendo una concentración óptima de 0.03% de GTE por 60 minutos. Mientras que Luzardo *et al.* (2003) mencionan que el Triclabendazol a dosis de 10 a 20 g por kilogramo de alimento es eficiente para la eliminación del *I. multifilis*.

Con respecto a la densidad de los organismos, se tiene registrado 101, 100 y 111 organismos/m³ para la unidad A, B y C respectivamente. En este sentido, de acuerdo con Camacho *et al.* (2000) mencionan que la densidad óptima de organismos es de 80 a 104 organismos/m³ en crías de trucha arco iris en la etapa de engorda, sin embargo, Siendo la unidad C rebasa el límite óptimo.

Luzardo *et al.* (2003) y Meyer (1991) quien reportan que la alta densidad de organismos en los estanques, favorecen brotes de enfermedad infecciosa de todo tipo como bacterianas, virales, fúngicas y parásitarias, particularmente las últimas, facilitando la transmisión de éstas, especialmente por especies con un ciclo de vida directa (Roberts, 1981).

Otro impacto que ocasionan las altas densidades, además de las sanitarias, es que influye de manera negativa sobre el crecimiento de los organismos ya que éstos se encuentran en constante estrés (Granado, 2000).

Autores como Atencio *et al.* (2006) y Bohlin *et al.* (2002), señalan que éstas altas densidades en la siembra no sólo afecta el crecimiento, sino también la sobrevivencia e incrementa la heterogeneidad del tamaño de los peces, como ocurrió en la unidad C y que una adecuada densidad permite un mayor aprovechamiento del área de cultivo y evita comportamiento de canibalismo.

Por otra parte, bajas densidades de cultivo no solo favorecen el crecimiento y la sobrevivencia de los organismos, sino que minimiza el rápido deterioro de la calidad del agua, así como los costos por la compra de medicamentos para el control de las enfermedades (Skøtt *et al.*, 2007).

Person *et al.* (2008) evaluaron el crecimiento en trucha arco iris, en donde los organismos presentan valores de Factor de Condición entre 1.40 y 1.75 cuando se encuentran en densidades de 74 organismos/m³ con un OD de 12 mg/L, a pH de 6.22 y temperatura de 9 °C, mientras que a densidades de 120 organismos/m³, OD de 6 mg/L a pH de 5.96 y temperatura de 9 °C, el valor del Factor de Condición oscila entre 1.30 y 1.45.

Se ha mencionado que muchos factores influyen sobre el crecimiento y el factor de condición de los organismos (K), como son la presencia de ectoparásitos, la calidad del agua, principalmente la temperatura, el oxígeno disuelto, pH y el flujo y la densidad de organismos en los estanques. Sin embargo, otro factor que influye de manera directa sobre el crecimiento en el cultivo intensivo de peces es el alimento y el número de raciones de éste (Li y Leatherlan 2008; Taylor *et al.*, 2006).

El alimento que se proporciona de manera manual en las tres unidades de producción, es comercial de marca Pedregal, además de Purina sólo en la unidad A. Éste se administra 2 veces al día en la unidad A, 6 en la B y 3 en la C. Sin embargo, a pesar de que en la unidad B se proporciona alimento 6 veces al día y de tener las mejores prácticas sanitarias, no se refleja en el crecimiento de los organismos.

Hecho que se atribuye a la calidad del alimento ya que Okumus y Derya (2002) evaluaron tres tipos de alimento paletizado y administrado 2 veces al día en juveniles de trucha arco iris, teniendo como resultado que los organismos que se les suministraba el alimento A presentaron valores en el Factor de Condición inicial fue de 1.23 y final de 1.60, mientras que para el alimento B y C el valor de K inicial fue de 1.22 a 1.53.

Las características nutricionales del alimento A contenía 45% de proteína cruda, 10% de grasa, 14% de ceniza y 3% de fibra cruda, características que coinciden con el alimento de la marca Purina, ya que el del Pedregal contiene 52% de proteína cruda, 14% de grasa, 11% de ceniza y 1.2 de fibra cruda.

En este sentido, es mayor el contenido de grasa en el alimento de Pedregal, pero además Purina contiene 1.2 de calcio y 1.0% de fósforo y el Pedregal carece de éstos elementos.

XI. CONCLUSIONES

La presencia de ectoparásitos tales como *Trichodina* sp., *Ichthyophthirius* sp. y *Apiosoma* sp, y *Gyrodactylus* sp. en piel y branquias en crías y juveniles impactan de manera significativa el crecimiento de los organismos.

La mayor prevalencia de ectoparásitos ocurre durante el periodo de verano.

El retraso del crecimiento debido a la presencia de ectoparásitos, contribuye al aumento de gastos por la compra del alimento para mantenerlos hasta la talla comercial (300 g), así como los gastos para la compra de químicos para el control de éstos.

El Factor de Condición Simple (K) es un indicador sensible para determinar el grado de bienestar de los organismos, estableciendo que en juveniles de trucha arco iris el valor de K debe ser mayor a 1.0.

En la trucha arco iris la presencia del ectoparásito *Ichthyophthirius* sp. con prevalencia mayor al 40% en branquias, afecta de manera significativa el Factor de Condición Simple (K).

De acuerdo con prevalencia de parásitos la unidad A se considera que tiene las mejores prácticas de manejo, seguida de la unidad B y por última la unidad C.

Las características fisicoquímicas del agua, entre los principales la temperatura, OD, pH, y el flujo, provocan estrés cuando están fuera del rango y hacen vulnerables a los organismos a otros agentes patógenos.

El parasitismo es un fenómeno frecuente en los peces, sin embargo, el impacto que pueden provocar depende de la prevalencia, así como de la intensidad promedio.

XII. RECOMENDACIONES

- ❖ Todas las unidades de producción deben realizar monitoreos de la calidad del agua, así como evitar la entrada de peces silvestres, que son portadores potenciales de patógenos.
- ❖ El lavado y desinfección de los estanques, es necesario que se realice periódicamente durante el ciclo de producción ya que minimiza los brotes de patógenos.
- ❖ La Unidad C requiere de mejorar las medidas sanitarias, principalmente la instalación de un filtro de agua ya que ésta unidad reusa el agua de la unidad A.
- ❖ Para minimizar el estrés y la prevalencia de los ectoparásitos se recomienda mantener a los organismos a menor densidad con un flujo adecuado.
- ❖ El aumento del flujo permite mantener en buena calidad el agua debido al aumento del oxígeno y evita la concentración de materia orgánica.
- ❖ Controlar la presencia de animales como perros, gatos o aves ya que se consideran como agentes dispersores de patógenos.
- ❖ Mayor monitoreo durante la fase de crías debido a que son más vulnerables a enfermedades tanto parasitarias como bacterianas.
- ❖ Verificar la fecha de caducidad del alimento ya que éste va perdiendo la calidad con el paso del tiempo.
- ❖ El uso de formatos para el control de la alimentación, mortalidad, desinfección de los estanques, densidad de los organismos, de la calidad del agua entre los principales, permite identificar y detectar de manera rápida los problemas que se presenten en las unidades de producción.
- ❖ Implementar las buenas prácticas de manejo sanitario en las unidades es la principal base de una acuicultura sustentable.

XIII. LITERATURA CITADA

AAPHA, AWWA y WPCF. 1981. *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater*. 15 th Edition American Health Association. Washington, D. C. 874 pp.

Akbulut, B., Sahin, T., Aksungur, N., y Aksungur, M. (2002). Effect of inicial Size Growth Rate of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, Reared in Cages on the Turkish Black Sea Coast. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2: 133-136.

Altunay, S. y Yldz, H. (2008). Ectoparasitological examination of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) cage-cultured in Kesikköprü Dam Lake. *Tarim Bilimleri Dergisi*, 14(2): 154-162.

Álvarez, J., Navarro, L. (1957). *Los peces del Valle de México*. Secretaría de Marina. Comisión para el Fomento de la Piscicultura Rural. México, D. F. 102 pp.

Álvarez, T. P. (2000). Marco Institucional del Desarrollo Acuícola en México. (3ra ed.). México. pp. 3-6.

Arredondo, J. L., Ponce, P. J. T. (1998). *Calidad del agua en acuicultura conceptos y aplicaciones*. AGT Editor, S. A. 222 p.

Atencio, G. V., Pardo, C. S., Barrera, C. A. y Martínez, T. E. (2006). Efecto de la densidad de siembra en el alevinaje de la dorada (*Bryon sinuensis* Dahl, 1955). *Rev. Col. Cienc. Pec.* 19 (2): 197-203.

Bandilla, M., Valtonen, E., Soumalainen, L., Aphalo, P., Hakalahti. (2006). A link between ectoparasite infection and susceptibility to bacterial disease en rainbow trout. *Int. Jour. Parastitology*, 36: 987-991.

Barker, D. E., Cone, D. K. y Burt, M. D. B. (2002). *Trichodina murmanica* (Ciliophora) and *Gyrodactylus pleuronecti* (Monogenea) parasitizing hatchery-reared winter flounder, *Speudopleuronectes americanus* (Walbaum): effects on host growth and assessment of parasite interaction. *Journal of Fish Diseases*, 25: 81-89.

Başçınar, N., Çakmak, E., Çavdar, Y. y Aksungur, N. (2007). The Effect of Feeding Frequency on Growth Performance and Feed Conversion Rate of Black Sea Trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 7: 13-17.

Bauer, M., Strelkov, Y. (1973). *Diseases of Pond Fishes*. Washington, D. C. 220 pp.

Begon, M., J.L. Harper y C.R. Townsend. (1996). *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 945 pp.

Bohlin, T., Sundström, L. F., Johnsson, J. I., Höjesjö, J. y Pettersson, J. (2002). Density-dependent growth in brown trout: effects of introducing wild and hatchery fish. *Journal of Animal Ecology*, 71: 683–692.

- Brown, L. (1993). *Aquaculture for veterinarians Fish Husbandry and Medicine*. Pergamon Press, USA, Chicago. 414 pp.
- Buchmann, K., Bresciani, J. y. Jappe, C. (2004). Effects of formalin treatment epithelial structure and mucus cell densities in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), skin. *Journal of Fish Diseases*, 27: 99-104.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M. y Shostak, A. W. (1997). Parasitology Meets Ecology on Its Own Terms: Margolis Revisited. *Journal of Parasitology*, 83(4): 575-583.
- Cakir, O. (2002). A practical Approach to Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) seed production. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2: 57-59.
- Camacho, B. E., Moreno, R. M., Luna, R. C., Vázquez, H. M. (2000). *Guía para el cultivo de trucha*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, D. F. 135 pp.
- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA). (n.d). Anuario Estadístico de Pesca 2003. Obtenida el 15 de Abril de 2008 de http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario_estadistico_acuicultura_pesca
- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA). (n.d). Carta Nacional Pesquera 2006. Obtenida el 15 de Abril de 2008 de http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/carta_nacional_pesquera
- Crespo, F. J. y Crespo, F. R. (2003). Monogéneos de peces en México: estudio recapitulativo. *Téc. Pecu. Méx.* 41(2): 175-192.
- Espinosa, H., Gaspar, M.T., Fuentes, P. (1993). *Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos*. UNAM. México, D. F. 98 pp.
- Food and Agriculture Organization FAO. (2007). *Estado mundial de la Pesca y la Acuicultura 2006*. Departamento de Pesca y Acuicultura. Roma, Italia. 176 pp.
- Garbol, L. W., Jorgensen, T. R. y Buchmann, K. (2007). Interactions between two congenic gyrodactilidos (*Gyrodactylus derjavini* y *Gyrodactylus salaris*) with different microhabitats on their common host rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 37(2): 87-90.
- Garnier, C. H., Fayer, R. y Dubey, J. P. (1998). *An Atlas of Protozoan Parasites in Animal Tissues*. Institute of Parasitology. Washintong, D. C. 83 pp.
- Giesecker, C. M., Serfling, S.G. y Reimschuessel, R. (2006). Formalin treatment to reduce mortality associated with *Saprolegnia parasitica* in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 253: 120– 129.

- González, L., Carvajal, J., Nascimento, J. (2000). Diferencial infectivity of *Caligus flexispina* (Copepoda, Caligidae) in three farmed salmonids in Chile. *Aquaculture*, 183: 13 – 23.
- Granado, A. (2000). Efecto de la densidad de cultivo sobre el crecimiento del morocoto, *Piaractus brachypomus*, Cuvier, 1818, (Pisces: Characiformes), Confinado en jaulas flotantes. *Saber*, 12(2): 3-7.
- Hakalahti, T., Bandilla, M. and Valtonen, E. T. (2005). Delayed transmission of a parasite is compensated by accelerated growth. *Parasitology*, 131: 1-10.
- Hendrickson, D.A., Espinosa, H., Findley, L.T., Forbes, W., Tomelleri, J.R., Mayden, R.L., Nielsen, J.L., Jensen, B., Ruiz, G., Varela, A., Van der Heiden, A., Camarena, F., García, F.J., (2002). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12: 273-316.
- Ineno, T., Tsuchida, S., Kanda, M. y Watabe, S. (2005). Thermal tolerance of a rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* strain selected by high-temperature breeding. *Fisheries Science*, 71: 767-775.
- Ingle, M. G. (2003). *Programa de Mejoramiento Genético en los Centros Acuícolas de la Federación Recurso Trucha*. SAGARPA-CONAPESCA. México, D. F. 81 pp.
- Jiménez, G. F. (2006). *Técnicas de diagnóstico presuntivo para las enfermedades de peces*. SAGARPA-CONAPESCA. México, D. F. pp 1-16.
- Jorgensen, R. T. y Buchmann, K. (2007). Stress response in rainbow trout during infection with *Ichthyophthirius multifiliis* and formalin bath treatment. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 37(1): 25-28.
- Karakatsouli, N., Papoutsoglou, S., Pizzonia, G., Tsatsos, G., Tsopelakos, A., Chadio, S., Kalogiannis, D., Dalla, C., Polissidis, A., Papadopoulou, D. Z. (2007). Effects of light spectrum on growth and physiological status of gilthead seabream *Sparus aurata* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* reared under recirculating system conditions. *Aquacultural Engineering*, 36: 302-309.
- Kinkelin, P., Michel y Ghittino, P. (1985). *Tratado de las enfermedades de los peces*. Acribia, S. A. España. 353 pp.
- Klontz, G. W. (1978). Kamloops trout: The Aberdeen Angus of the fish world. *Salmonid II*, 4: 22-23 p.
- Klontz, W. (1991). *Manual for rainbow trout production on the family-owned farm*. Department of Fish and Wildlife Resources University of Idaho. Moscow, Idaho. 320 pp.
- Li, M. y Leatherland, J. (2008). Temperature and ration effects on components of the IGF system and growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during the transition from late stage embryos to early stage juveniles. *General and Comparative Endocrinology*, 155: 668–679.

- Li, M., Wang, J., Zhu, D., Gu, Z., Zhang, J. y Gong, X. (2008). Study of *Apiosoma piscicola* (Blanchard 1885) occurring on fry of freshwater fishes in Hongze, China with consideration of the genus *Apiosoma*. *Parasitol Res.* 102: 931–937.
- Lindenstrom, T., Secombes, C. J., y Buchmann, K. (2004). Expression of immune response genes in rainbow trout skin induced by *Gyrodactylus dejavini* infections. *Veterinary immunology and immunopathology*, 97: 137-148.
- Luzardo, A. A., Martínez, M. J., Santamarina, F. M., Otero, E. F., Blanco, M. J. 2003. Oral pharmacological treatments Ichthyophthiriosis of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 220: 15 – 25 p.
- Mc Crimmon, H.R. (1971). World distribution of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 28: 663-704.
- Margolis, L., Esch, G., Holmes, J. C. Kuris, A. M. y Schand, G. A. (1982). The use of ecological terms in parasitology (report of an adhoc committee of the American Society of Parasitologists). *American Society of Parasitologists*, 2:131-133.
- Meyer, P. (1991). Aquaculture Diseases and Health Management. U. S. A. Fish. *Wildlife Serv.* 4201- 4208.
- Needham, P.R., Gard, R. (1964). A new trout form Central Mexico: *Salmo chrysogaster*, the Mexican Golden trout. *Copeia*. pp.169-173.
- Nelson, J.S. (1984). *Fishes of the world*. John Wiley & Sons, New York. 96 pp.
- Ogut, H. y Akyol, A. (2007). Prevalence and Intensity of Ectoparasites in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) from Larvae stage to Market size in turkey. *The Israeli Journal of Aquaculture-bamidgeh*. 59(1): 23-31.
- Ogutt, H., Akyol, A. y Zeki, A. M. 2005. Seasonality of *Ichthyophthirius multifiliis* in the trout (*Oncorhynchus mykiss*) Farms of the Eastern Black Sea Region of Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 5: 23-27.
- Okumus, I. y Deria, M. M. (2002). Evaluation of Commercial Trout Feeds: Feed Consumption, Growth, Feed Conversion, Carcass Composition and Bio-economic Analysis. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2: 101-107.
- Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). (n.d.). Obtenida el 17 de Abril de 2009, de http://www.oie.int/esp/es_index.htm
- Ortega, M. C. (2001). *Manual de Trucha arco iris*. Universidad Autónoma del Estado de México. PRONALSA – SAGARPA. México, D. F. 130 pp.
- Pérez, J. A. (1998). Situación Actual del Cultivo de la Trucha en México y Factores que Afectan la Producción. *Bol. PRONALSA*, 1(2): 5-7.

Pérez, S. L. (1982). *Piscícola ecológica*. México, D. F. 83 pp.

Person, J. L., Laurent, R. L., Le Bayon, N., Sévère, A., Le Roux, A., Le Delliou, H. y Quéméner, L. (2008). Combined effects of water quality and stocking density on welfare and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquat. Living Resour*, 21:185–195

Quince, C., Abrams, P. A., Shuter, B. J. y Lester, N. P. (2008). Biphasic growth in fish I: Theoretical foundations. *Journal of Theoretical Biology*. In Press

Ramírez G.R. y Sevilla, H.M., (1965). *Aspectos biológicos para el cultivo de trucha arco iris*. Dirección General de Pesca. México, D. F. 32 pp.

Roberts, R. (1981). *Patología de los peces*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 366 pp.

Rodríguez, G. M. y Contreras, G. D. (2003). La botriocelosis y medidas de prevención. *Bol. PRONALSA*, 6 (2): 9 – 11.

Rodríguez, G. M., Contreras, G. D., Ruíz, A. A., Cortés, G. A. y Rodríguez, V. A. K. (2005). Evaluación del tratamiento antihelmíntico en el crecimiento de juveniles de carpa común *Cyprinus carpio*. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar. Mazatlán, Sinaloa del 24 a 26 de Octubre. 245-246 pp.

Rodríguez, G. M. y Marañón, H. S. 1993. Relación del factor de condición múltiple con la reproducción de machos en la carpa *Cyprinus carpio*. *An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México*, 20(1): 105-113.

Rodríguez-Gutiérrez, M. (1998). Programa Nacional de Sanidad Acuícola y la Coordinación de la Red de Diagnóstico y Prevención de Enfermedades en Organismos Acuáticos a Nivel Nacional. *Bol. PRONALSA*, 1(1): 3-4.

Santos, A. E., Rodríguez, K. D. y Martínez, A. J. (2008). Respuesta del tegumento de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) a la acidificación del agua. *Ciencia Pesquera*, 16: 5-13.

SEPESCA. (16 de junio de 1994). *Norma Oficial Mexicana NOM-010-PESC-1993 y NOM-011-PESC-1993*. Obtenida el 17 de septiembre de 2007, de <http://secretariadepesca.sagarpa.gob.mx/nom/pesca>

SEMARNAP, (1999). Manual de Sanidad Acuícola. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, D. F. 171 pp.

SEMARNAT, (7 de septiembre de 2001). NOM-059-ECOL-2001. Obtenida el 18 de octubre de 2006, de <http://www.profepa.gob.mx/NR/rdonlyres/84142613-CF26-4223-B7E9-38BE4AEB0C96/1426/NOMECOL0592001.pdf>

Sener, E. (2002). Farming of the Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, in the black sea Region of Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2: 93-96.

Skøtt, R., Flemming R. H. y Larsen, S. J. (2007). Fin condition and growth among rainbow trout reared at different sizes, densities and feeding frequencies in high-temperature re-circulated water. *Aquacult Int*, 15: 97–107.

Suzuki Kunio, Misaka Naoyuki, Sakai D. K. (2006). Efficacy of green tea extract on removal of the ectoparasitic flagellate *Ichthyobodo necator* from chum salmon, *Oncorhynchus keta*, and masu salmon, *O. masou*. *Aquaculture*, 259: 17–27

Taylor, N. G. H., Sommerville, C. and Wootten, R. (2006). The epidemiology of *Argulus* spp. (Crudtacea: Branchiura) infections in Stillwater trout fisheries. *Journal of Fish Diseases*, 29: 193-200.

Thorburn, M. A. y Moccia, R. D. (1993). Use of chemotherapeutics on trout farms in Ontario. *Journal of Aquatic Animal Health*, 5: 85-91.

Vera, N., Simonovic, P. y Maric, S. (2006). Ocurrence of *Chilodonella hexasticha* (Ciliopora, Protista) on Farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Throughout the season. *Acta Veterinaria (Beograd)*, 56(1): 55-61.

Wheaton, F. (1982). *Acuacultura*. Ed. AGT Editor, S. A. México, D. F. 704 pp.

Yokoyama, H. 2003. Environmental quality criteria for fish farms in Japan. *Aquaculture*, 226: 45–56.

Yu, Shyi-Liang; Ueng, Ping-Sheng. 2001. Relationship between growth rate and water temperature of brown trout. *Journal of the Fisheries Society of Taiwan*, 28 (1): 21-26.

APÉNDICE B NORMATIVO

ENFERMEDADES CERTIFICABLES DE LAS ESPECIES DE ORGANISMOS ACUÁTICOS VIVOS DESTINADOS A LA ACUACULTURA U ORNATO

SALMÓNIDOS (TRUCHAS Y SALMONES)	
VHS	Septicemia Hemorrágica Viral
IHN	Necrosis Hematopoyética Infecciosa
IPN	Necrosis Pancreática Infecciosa
VEN	Necrosis Eritrocítica Viral
HSVD	Enfermedad Viral por Herpes
Enfermedad del torneo (Whirling disease)	<i>Myxosoma cerebralis</i>
Ceratomixosis	<i>Ceratomyxa shasta</i>
BKD	Enfermedad Bacteriana del Riñón
	<i>Renibacterium salmoninarum</i>

APÉNDICE C NORMATIVO

ENFERMEDADES NOTIFICABLES DE LAS ESPECIES DE ORGANISMOS ACUÁTICOS VIVOS DESTINADOS A LA ACUACULTURA U ORNATO

* <i>Bothriocephalus sp.</i>	Botriocefalosis.
* <i>Centrocestus sp.</i>	Centrocestiasis.
* <i>Gnathostoma spp.</i>	Gnatosotomiasis.
* <i>Ligula spp.</i>	Liguilasis.
* <i>Diplostomum spp.</i>	Diplostomiasis
* <i>Hexamita spp.</i>	Hexamitiasis.
* Formas larvarias de la familia Anisakidae.	Anisakiiasis.
* <i>Branchyomyces spp.</i>	Branquipicosis.
* <i>Ichthyophonus spp.</i>	Ictiofonosis.
* <i>Linfocistis johnstoniae.</i>	Linfocistis.
* <i>Aeromonas spp.</i>	Aeromoniasis.
* <i>Vibrio spp.</i>	Vibriosis.
* <i>Pseudomonas spp.</i>	Septicemia pseudomonal.
* <i>Yersinia spp.</i>	Enfermedad de la boca roja.
* <i>Flexibacter spp.</i>	Columnaris, enfermedad columnar.
* <i>Mycobacterium spp.</i>	Micobacteriosis o tuberculosis.
* <i>Nocardia spp.</i>	Nocardiosis.
* <i>Edwardsiella spp.</i>	Edwardseliosis.
* <i>Pasteurella spp.</i>	Pasterelosis.

ANEXO 1



INFORMACIÓN DE LA GRANJA

Fecha: _____

SOLICITANTE

Nombre de la Instancia: _____

Dirección: _____

Teléfono: _____ Fax: _____

Estado: _____ Municipio: _____

Nombre del propietario: _____

E-mail: _____ Tel. celular: _____

LOCALIZACIÓN

Georreferenciación: Latitud/longitud: _____ ó UTM's: _____

Superficie ocupada: _____

Nombre del encargado: _____

Profesión y Antigüedad: _____

Quien remite la muestra Comité Conapesca Productor

DATOS POBLACIONALES

Marque con una X, las especies que están en la granja:

Bagre _____ Carpa: _____ Tilapia: _____

Trucha: _____ Otros/especificar cuál: _____

Fase de desarrollo de la muestra:

Huevos Alevines Crías Juveniles Adultos Reproductores

Llevan control del número de peces por estanques: Si No

Procedencia de especímenes: _____

Fecha de la última introducción: _____

TIPO DE ESTANQUE DE PROCEDENCIA DE LA MUESTRA

No. de estanque: _____ Tipo: _____ Sección de procedencia: _____

Tamaño del estanque: Largo: _____ Ancho: _____ m²: _____

No. de organismos /m²: _____

Flujo de agua /min.: _____

Fecha de introducción: _____ Días de cultivo: _____

Mortalidad registrada: _____

Anomalías observadas: _____

Proporciona algún tratamiento preventivo:

No Si

¿Cuál? _____

INSTALACIONES

Tipo de cultivo

Intensivo Semiintensivo Extensivo

Tipo de estanques y número: Rústico: _____ Semirústica: _____

Mampostería: _____ Concreto: _____ Raceway: _____ Otro: _____

Cuenta con caseta de incubación: Si Capacidad _____ No

No de registro de la unidad de incubación: _____

Abastecimiento de agua: Manantial Río Otro: _____

Cantidad de agua (lt/seg): _____

ALIMENTACIÓN

Tipo de alimento: Concentrado C. Medicado Vivo

Otro: _____ Marca del alimento: _____

Uso de tabla de alimentación: Si No

Tipo de suministro: Manual Alimentadores

No. de veces que se alimenta al día _____

Cuenta con bodega de almacenamiento de alimento: Si No

PRODUCCIÓN

Tiempo que tardan los organismos en llegar a la talla comercial: _____

Peso promedio: _____ Longitud total de la talla comercial: _____

Producción promedio anual: _____

No. de ciclos al año: _____

INFORMACIÓN SANITARÍA

Proporcionan algún tratamiento preventivo: Si No

¿Cuál? _____

Uso de tapetes sanitarios:

Si No

Tipo: _____

En que etapa y que enfermedades se han presentado:

Huevo Alevines Juveniles Adultos Reproductores

Enfermedad: _____

Mortalidad causada: _____

Tratamiento dado: _____

Procedencia de la Muestra

Nacional Importación

Nacional

Procedencia del lote:

Nombre de la granja de origen : _____

Dirección: _____

No. de organismos del lote inicial: _____

Crías: _____ Juveniles: _____ Adultos: _____

Importación

Nombre del importador: _____

Aduana de entrada: _____

No. de certificación de importación: _____

No. del lote: _____

País de origen: _____

País de procedencia: _____

Número de registro de la unidad de cuarentena _____

Dirección de la unidad de cuarentena : _____

Estado: _____ Municipio: _____

Porcentaje de sobrevivencia a la fecha _____

MOTIVO DEL SERVICIO

Prevención Enfermedad clínica Certificación

Investigación Inspección