

93
29



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ciencias

INDUCCION DE POLIPLOIDIA A TRAVES DE
CHOQUES TERMICOS DE TRUCHA ARCO IRIS

(*Salmo gairdneri* , RICHARDSON)
(PISCES : SALMONIDAE).

TESIS

Que para obtener el título de

BIOLOGO

Presenta:

Patricia Hernández Ramos

1990

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
1.- INTRODUCCION	3
2.- ANTECEDENTES	6
2.1 POSICION TAXONOMICA Y BIOLOGIA DE LA ESPECIE.....	8
2.1.1 POSICION TAXONOMICA	8
2.1.2 DESCRIPCION DE LA ESPECIE	9
3.1.3 CICLO DE VIDA	9
4.1.4 HABITAT Y ECOLOGIA	10
5.1.5 ALIMENTACION	11
6.1.6 SANIDAD	11
2.2 GENETICA APLICADA A LA ACUICULTURA	17
3.- AREA DE ESTUDIO	22
4.- MATERIALES Y METODOS	28
5.- RESULTADOS Y DISCUSION	36
6.- CONCLUSIONES	51
7.- LITERATURA CITADA	52

RESUMEN

En el Centro Acuícola El Zarco, Edo. de México, se hizo un estudio de inducción de poliploidía en ejemplares de trucha arco iris Salmo gairdneri, por medio de choques térmicos aplicados a 20,000 huevos, minutos después de haber sido fertilizados, dividiéndolos a continuación en 4 lotes a los cuales se les trató (TRT) a diferentes temperaturas: TRT1 = 25 - 28 °C, TRT2 = 28 - 29 °C, TRT3 = 29 - 30 °C durante 10 minutos y un grupo control a 11 °C (temperatura normal del agua).

Se registró una mortalidad al 100% en los TRT1 y TRT2, mientras que el TRT3 mostró una mortalidad del 5.4% superior al grupo control (3.5%) sin ser diferentes estadísticamente ($P > 0.05$) en el estadio de cría.

Posteriormente, en algunos ejemplares de 5 a 10 cm de longitud total se utilizó la técnica de Denton (1973) a fin de verificar la poliploidía, obteniendo cromosomas en etapa de metafase durante la mitosis. Con esta técnica se observaron 100 metafases tanto para el grupo control y grupos tratados, encontrando en los 2 lotes número cromosómico $2n = 60$, no se obtuvieron organismos poliploides.

A los 2 años de edad se les tomaron algunas medidas merísticas que fueron: longitud total, longitud de la cabeza, altura, peso estimado de la cabeza con respecto al del cuerpo y el peso total de los organismos tanto en los lotes experimentales como en el lote testigo.

Los resultados mostraron que únicamente hubo diferencias significativas para el efecto de sexo, en las características de longitud total en cm. (LT), proporción de la cabeza con respecto al cuerpo en cm. (PC) y peso en gr. (P). Los resultados obtenidos fueron: LT = 39.2 y 36.5; PC = 0.20 y 0.23 y P = 930.3 y 741.4 para hembras y machos respectivamente, se atribuyeron estos resultados al dimorfismo sexual que presentan los organismos.

1.- INTRODUCCION

La explosión demográfica junto con una deficiencia alimenticia son problemas graves que enfrenta la humanidad, siendo la población infantil la que padece una mala nutrición en sus etapas tempranas de desarrollo, teniendo como consecuencia, una alta mortalidad infantil y efectos adversos al organismo, los cuales persisten en toda su vida (Lasley, 1978).

Por lo anterior, durante la última década, se ha puesto mayor atención en la producción intensiva de alimentos, principalmente en cereales y productos de origen animal, con una tendencia enfocada a la utilización integral de los recursos naturales como los acuícolas (Vega, 1988).

Debido a la distribución de mares, ríos y lagos, los recursos acuícolas, representan una alternativa importante como una fuente rica de proteínas al alcance de la población a bajo costo. El pescado puede considerarse eficiente por su poco contenido de grasa abdominal (Bardach, 1986).

La trucha arco iris es uno de los alimentos con mayor contenido de proteínas y como resultado de diversos análisis, el Instituto Nacional de la Nutrición revela la siguiente composición nutricional, por cada 100 gramos: energía, 87 cal; proteínas, 18.2 gr; grasas, 1.0 gr; calcio, 12.0 mg; fósforo, 152.0 mg; hierro, 1.0 mg; tiamina, 0.05 mg; rivoftabina, 0.05 mg y niacina 2.8 mg (Secretaría de Pesca, 1989).

México cuenta con aproximadamente 2,500 000 Has. de cuerpos de aguas epicontinentales (Sria. de Pesca, 1988), donde la actividad acuicultural alcanza niveles de desarrollo que van desde la escala extensiva, como sucede con el pescado blanco, mojarra nativas, abulón, callo de

hacha, mejillón, langosta y caracol; hasta la producción comercial intensiva de otras especies como el bagre, carpa, trucha, ostión, camarón, langostino y en algunos lugares con tilapia, además, esta actividad se ha fortalecido notablemente debido al fuerte impulso que ha recibido por parte de las diferentes dependencias públicas, privadas y sector social (Sria. de Pesca, 1986).

De acuerdo con la información de 1988, se cuenta con 19 centros acuícolas, de impacto nacional y 25 clasificados como de impacto estatal; de los 46 centros existentes, 44 están enfocados a la producción de diferentes especies en diferentes estadios, de los cuales 11 producen alevines y crías de carpa; 23 se dedican a la producción de crías de tilapia; 6 a la trucha arco iris; 2 de bagre; 1 de abulón y 3 de ostión, existiendo centros que producen más de una especie (Arredondo, 1988).

De las seis instalaciones dedicadas a la producción de truchas, una de ellas, (El Zarco) tiene impacto nacional, por su localización, condiciones climáticas y por ser el principal centro productor de crías de trucha arco iris. El ciclo de producción es considerablemente más corto que en latitudes mayores, por lo que se podría desarrollar un sistema de producción competitivo a nivel mundial (Secretaría de Pesca, 1988).

El gran impulso que ha tenido la truiticultura recientemente se debe en gran parte, a la facilidad relativa del manejo en cautiverio, bajo las condiciones imperantes en las zonas propicias para su cultivo, siendo éstas las zonas montañosas del centro y norte de la República, así, como los ríos, arroyos y manantiales fríos de corrientes rápidas y aguas cristalinas bien oxigenadas (Ramírez, 1962).

El 93 % de la producción de trucha en México, ya sea en piscifactorías públicas, sociales o privadas, es de

tipo intensiva , con densidades de siembra, mayor suministro de agua y mejor alimentación (Sria. de Pesca, 1988).

Se considera a la trucha arco iris Salmo gairdneri como la especie de aguas frías más cultivada en el mundo, en vista que presenta un alto valor nutritivo y se conoce su biotecnia. Su cultivo intensivo tiene gran importancia económica debida a su rentabilidad y por su gran aceptación en el mercado nacional e internacional (Aguilera y Noriega, 1985).

Sin embargo, la producción trutícola intensiva, todavía se puede perfeccionar, mediante mejoras en el manejo, la nutrición, sanidad, biotecnología y genética, con objeto de aumentar la velocidad en la tasa de crecimiento. Se han utilizado técnicas de manejo, tales como la esterilización debido a que la energía metabólica utilizada para la producción de los gametos es utilizada para el crecimiento de las células somáticas durante el tiempo que la población se encuentra sexualmente madura (Utter, et al, 1983; Solar, et al 1984).

En los programas de mejoramiento genético en la acuicultura, es posible aumentar la viabilidad de los individuos, incrementar la velocidad en la tasa de crecimiento y producir animales más eficientes reduciendo sus valores de enfermedades, mejor conversión alimenticia; resistencia a enfermedades; alta tasa de sobrevivencia y mejor calidad de la carne (Gjedrem, 1976; Clayton, 1980).

Las respuestas o ganancias genéticas en los salmónidos, son mayores debido a que ofrecen mayor tasa de fertilidad, mayor viabilidad genética y donde se puede ejercer fuertes intensidades de selección (Gjedrem, 1976).

2.- ANTECEDENTES

La acuicultura se práctica en todo el mundo, ya que existen gran cantidad de cuerpos de agua que son susceptibles de aprovechamiento para diversas tareas como riego, abrevadero y cultivo de organismos acuáticos.

La producción mundial anual por la acuicultura, se establece en 4 millones de toneladas métricas, este se obtiene principalmente en aguas dulces y salobres (Bardach, 1986).

Algunas especies se cultivan para consumo interno del país, mientras que otras son susceptibles de exportación. De los salmones, el cultivo de la trucha arco iris (Salmo gairdneri), es practicada en todo el mundo; la trucha café (Salmo trutta), en E.E.U.U. y Europa; salmón del Atlántico (Salmo salar), en Europa; por su parte, la carpa común (Cyprinus carpio), es cultivada mundialmente; el bagre de canal (Ictalurus punctatus): E.E.U.U., República de Corea y México; otro grupo de importancia a nivel mundial son los Cíclidos, dentro de los cuales se ubican las tilapias (Tilapia) principalmente (Brown, 1977).

Otra rama de la acuicultura de importancia mundial por los grandes volúmenes e intereses creados es la carcinicultura (cultivo de crustáceos); y dentro de ella, la camaricultura (cultivo de camarón, Penaeus), es el cultivo más redituable llevándose a cabo en países de zonas tropicales o subtropicales, los cuales exportan casi toda su producción a los países desarrollados; el cultivo de langostino malayo (Macrobranchium rosenbergii), se desarrolla en Asia y países tropicales de América; los astácidos se cultivan en E.E.U.U. (Procambarus spp), con fines de exportación a Europa, ya que en este lugar se localiza el Astacus, cuyo rendimiento es menor (Brown, 1977).

La malacocultura (cultivo de moluscos), se canaliza fundamentalmente al cultivo mundial de ostiones, almejas, abulón y ostras (Brown, 1977).

La acuicultura en México, se remonta a tiempos Prehispánicos, siendo el primer informe cuando el pueblo zapoteco trasladó a la cima de la montaña Guiengola, un número considerable de peces, los cuales sirvieron de alimento a los soldados que estaban sitiados por los ejércitos de Moctezuma II; se cree, que de no haber conocido la piscicultura, los guerreros hubiesen muerto (Anónimo, 1985). Durante la época de la colonia, casi desaparece por completo la práctica acuicultural, hasta que en el siglo XVIII, José Antonio Alzate, reanuda las viejas tradiciones y basados en la necesidad de producir alimentos, propone que se críen peces en las riberas de las lagunas de Chalco y Texcoco, así, como en los estanques de Chapultepec, Churubusco, San Joaquín y Coyoacán (Anónimo, 1985).

La truticultura es una de las primeras técnicas ensayadas en nuestro país, las truchas que se han cultivado en México provienen de ejemplares introducidos originarios de diversos países.

La primera introducción de Salmo gairdneri, fué realizada a finales del siglo XIX a través de la importación de huevecillos adquiridos en los Estados Unidos de Norte América (Arredondo, 1983). Obregón (1961) informa que en 1889, el vivero nacional de Chimalteapán, Edo. de México, contaba ya con truchas arco iris ; la estación de Almoloya del Río, México, empezó a cultivar truchas en 1937; en 1943, se inauguró el Centro Piscícola El Zarco Edo. de México (Secretaría de Pesca, 1988), en ese mismo año se inició el desarrollo del cultivo extensivo, incrementándose las operaciones de siembra y repoblación de las aguas interiores adecuadas

para ello, con lo que se amplió su distribución geográfica en el país (Arredondo, 1983); en Veracruz se abrió el Centro Acuicola de Matzinga en 1979; por último, el Centro Acuicola de Apulco, Pue. en 1983 (Secretaría de Pesca, 1988).

A partir de 1977, año que recibe un fuerte impulso la acuicultura nacional, se inicia el establecimiento de cultivos comerciales de producción intensiva con lo que se consolida esta actividad (Secretaría de Pesca, 1989).

2.1.- POSICION TAXONOMICA Y BIOLOGIA DE LA ESPECIE

2.1.1 - POSICION TAXONOMICA

Richardson, en 1836 fué el creador del taxón de la trucha arco iris, quedando en la actualidad situada como:

Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Superclase	Pisces
Clase	Osteichthyes
Subclase	Actinopterygii
Superorden	Teleostei
Orden	Salmoniformes
Suborden	Salmonidei
Familia	Salmonidae
GENERO	<u>Salmo</u>
ESPECIE	<u>gairdneri</u>

TOMADO DE AGUILERA Y NORIEGA, 1985.

2.1.2.- DESCRIPCION DE LA ESPECIE

Presenta aspecto pisciforme, su cuerpo es alargado y ligeramente aplanado, la longitud varía entre 40 a 60 cm, la cabeza comprende el 20% de la longitud total, su boca es grande con terminal ligeramente oblicua y la mandíbula inferior dirigida hacia arriba, característica que poseen los machos adultos, presenta una aleta adiposa en una posición posterior a la aleta dorsal, la aleta caudal es moteada, su línea lateral es completa de 100 a 150 escamas y ligeramente encorvada sobre la cual se presenta una franja iridiscente de color rojo, rosado y amarillento. Por estas características se le da el nombre de trucha arco iris (Orbe y Cepeda, 1982). Presenta dientes vomerianos en la parte posterior, la parte basal de la lengua carece de dientes (Nueva Enciclopedia del Reino Animal, 1985).

2.1.3 - CICLO DE VIDA

La longevidad promedio de esta especie es de 6 años; las hembras presentan su primer desove entre los 2 y 3 años; en cambio, los machos alcanzan su madurez sexual entre el primero y segundo año de vida, dependiendo de las condiciones ambientales, siendo el principal factor la temperatura del agua.

El número de huevos producidos por hembra generalmente fluctúa entre 200 y 9,000 por desove, dependiendo de la talla, edad, y el peso corporal del organismo. Las hembras de 400 gr. generalmente producen menos de 1,000 huevecillos, pero cuando pasan de 1,500 a 1,800 gr. el número de huevos fluctúa entre los 2,000 y 4,000 (Elorza, 1971).

En la naturaleza, su reproducción se lleva a cabo en fondos pedregosos donde las hembras depositan los óvulos en un agujero excavado por ellas, siendo generalmente dos machos los que fecundan dichos óvulos. El desarrollo

embrionario dura aproximadamente un mes, al término de éste, los alevines reabsorven su saco vitelino convirtiéndose en crías, las cuales se alimentan de zooplancton, hasta alcanzar la talla de 10 cm, el tiempo transcurrido entre estos estadios varía de uno a un año y medio, en condiciones naturales; posteriormente inician su viaje al mar. Una vez ahí, adquieren la madurez sexual y retornan a su lugar de origen para su reproducción. Este proceso, puede durar de 2 a 5 años. Generalmente, presentan una reproducción, aunque se han encontrado truchas que hacen hasta 3 viajes al mar (Nueva Enciclopedia del Reino Animal, 1985). En nuestro país su reproducción se lleva a cabo en los meses de octubre a marzo.

2.1.4 - HABITAT Y ECOLOGIA

La distribución natural de la trucha arco iris, va desde el mar de Behring hasta aguas mexicanas. En México se le encuentra en los estados de Durango, Sinaloa y Chihuahua. Sin embargo, esta distribución ha sido ampliada considerablemente por numerosas repoblaciones en los estados de Chiapas, Hidalgo, Jalisco, Veracruz, Tamaulipas, Nuevo León, Puebla, Michoacán, Durango, Quintana Roo, Tlaxcala, Guerrero y México (Ramírez, 1962).

La trucha arco iris habita en los ríos, lagos y presas de aguas lóxicas rápidas, frías y cristalinas, pueden habitar en aguas que presentan una concentración de sólidos menor a 80 mg/l. Los depredadores que más afectan a la trucha son otros salmónidos, algunos ciprinidos, las tortugas y mamíferos como las nutrias, osos, mapaches, etc. (Nueva Enciclopedia del Reino Animal, 1985).

Los requerimientos de las condiciones óptimas del agua para que estos organismos puedan ser sometidos a confinamiento y llevar a efecto la reproducción son: temperatura de 10 - 12.5 ° C (Klonts, 1979); oxígeno

disuelto de 8 a 12 mg/l; pH de 6.7 a 8.2; la alcalinidad va de 5 a 31 mg/l como carbonatos de calcio; la dureza debe ser mayor de 15 mg/l como carbonatos de calcio (Leitritiz, 1976).

2.1.5 - ALIMENTACION

La trucha arco iris es un animal sumamente voraz, se alimenta en la naturaleza con gran diversidad de organismos acuáticos, la cantidad de ellos varía de acuerdo al tamaño de las truchas, estación del año y alimento disponible en el estanque o río. El tubo digestivo es muy corto, como corresponde a los animales predominantemente carnívoros, aunque en su contenido estomacal suelen encontrarse plantas acuáticas (algas); larvas de insectos, crustáceos y moluscos (Ramírez, 1962).

En condiciones de cultivo, los requerimientos nutricionales para la trucha arco iris dependen del estadio en que se encuentre y de las características ambientales en términos generales aceptan los siguientes valores: proteína 40 - 45 %; lípidos 5 - 9 %; minerales 8 - 10 %; carbohidratos 5 - 10 %. En cultivos controlados, la dieta se suministra en forma de píldora y en algunas ocasiones se complementa con alimento natural (Gutiérrez-Yurrita, 1990).

2.1.6 - SANIDAD

En el cuadro 1 se presentan las enfermedades virales y bacterianas más frecuentes en la truticultura intensiva: cabe resaltar que la vibriosis y la erosión en la aleta caudal, son las más perjudiciales; incluso se llega a cerrar la piscifactoria y ponerla en cuarentena, sacrificando todos los organismos y desinfectando los estanques, cuando se presenta una enfermedad viral.

CUADRO # 1

ENFERMEDADES VIRALES Y BACTERIANAS

ENFERMEDAD	SINTOMA-CAUSA	TRATAMIENTO
* ASCITIS INFECCIOSA	Abultamiento del abdomen debilitamiento, nado lento, aislamiento. VIRAL.	Terramicina polvo de 3.5 a 7.5 gr/kg. Se proporcionará según el peso en 10 días.
** FULMINEOSIS	Ulceraciones sangrantes en la piel, pérdida del apetito, nado lento. VIRAL.	Terramicina 3.5 gr/kg del alimento.
** ANEMIA	Pérdida de peso, debilitamiento. VIRAL.	
** VIBRIASIS	Enrojecimiento del músculo y hemorragia general. BACTERIA <u>Vibrio</u>	Antibióticos
** AEROMONIASIS	Hemorragia en piel y branquias; aleta deshilachada. BACTERIA <u>Aeromona</u>	Antibióticos
** CORYNEBACTERIAS	Riñón inflamado, edemas. BACTERIA <u>Corynebacterium</u>	Antibióticos
** EROSION ALETAS	Destrucción de las aletas. BACTERIANAS	Antibióticos
** SPOROXYTOSIS	Lesiones en la zona ventral y lateral. BACTERIA <u>Sporocytophaga</u>	Antibióticos

* Tomado del Guión del primer Proyecto de Acuicultura, 1988.

** Tomado de Aguilar y Noriega, 1985.

En el cuadro 2 muestra las principales patologías parasitarias en piscicultura.

Las micosis más comunes en el cultivo de la trucha se muestra en el cuadro 3 donde hay que resaltar que la Saprolegniasis es la enfermedad que se presenta con mas frecuencia en El Zarco, afectando al huevo y adultos principalmente.

Las ictiopatologías son causadas principalmente por una mala nutrición y se presentan en el cuadro 4 siendo la lordosis, escoliosis y cifosis (malformaciones de la columna), cataratas y exoftalmia (ojos), color negro, y erosión en las aletas principalmente en la caudal (piel) las que predominan en los cultivos de peces.

CUADRO # 2

ENFERMEDADES CAUSADAS POR PARASITOS

ENFERMEDAD	SINTOMA-CAUSA	TRATAMIENTO
* Tricodiniasis	Manchas blancas-azules en piel y branquias y exceso de mucus. PROTOZOOARIO	Verde de malaquita 1.5 a 3 mg/m ³ , o sal común en solución 25 gr/lit.
* Hirudiniasis	Enrojecimiento del sitio donde se encuentra el parásito (aletas y cavidad oral).	Sal común 30 gr/lit. baño de 15 seg. (generalmente basta). A.HIRUDINEO con un baño.
** Chaetoceros	Formación de mucus en branquia (Fitoplancton Chaetoceros).	_____

* Tomado del Guión del Primer Proyecto de Acuicultura, 1968.

** Tomado de Aguilar y Noriega, 1965.

CUADRO # 3

ENFERMEDADES CAUSADAS POR MOHSOS.

ENFERMEDAD	SINTOMA-CAUSA	TRATAMIENTO
MICOSIS	Manchas algodonosas sobre piel (aletas, cabeza, pérdida del apetito.	Peranganato de potasio (100 mg), verde de Malaquita (1g/l) por semana.
COSTIASIS	Exceso de mucosidad sobre el cuerpo, hemorragia externa, peces frotándose, aletas repelidas, falta de apetito.	Formol líquido, baño de 2% (25ml/100l), semanalmente al terradicar o verde de Malaquita.
PUNTO BLANCO	Puntos blancos sobre piel y aletas, decoloración de piel (aletas).	Verde de Malaquita. 1 a 2g por cada 100lts.
SAFROLEGNIASIS Saprolegnia sp	Presencia de masa algodonosa que cubren el cuerpo, aletas y branquias.	Verde de malaquita, libre de Zinc. Aplicar 0.15g/ml durante una hora por 3 días.

Tomado del guión del Primer Proyecto de Acuicultura, (1988).

CUADRO # 4

ENFERMEDADES CAUSADAS POR MALA NUTRICION

PATOLOGIA	DEFICIENCIA	TOXICIDAD
Escoliosis Lordosis Cifosis	Triptófano, vitamina C, Magnesio, Fósforo.	Plomo, Cadmio, Vitamina A, aceite de pescado oxidado.
Cataratas	Metionina, Triptófano, Zinc, Magnesio, Selenio, Manganeseo, Cobre, Vitamina A.	_____
Hígado graso	Colina, ácido graso esencial.	Aceite oxidada.
Hemorragia en aleta y piel	Riboflavina, ácido pantoténico, niacina, tiamina, inositol, vitamina C, vitamina A.	Oxidación del aceite de pescado.
Color negro	Inositol, vitamina B12, ácido fólico, niacina, riboflavina.	Vitamina A.
Exoftalmia	Ácido pantoténico, niacina, ácido fólico, vitamina A y E.	Aceite de pescado oxidado.
Erosión en las aletas	Lisina, triptófano, Zinc, Riboflavina, inositol, niacina, vitamina C.	Plomo, Vitamina A.

Tecado de Tacon, 1985.

2.2 - GENETICA APLICADA A LA ACUICULTURA.

Se considera a la genética una rama reciente, la cual surgió después de que J. Schleiden y T. Schwann, propusieron (1838- 1839) una " Teoría simple y unificadora para todos los organismos" (Avers, 1983); sin embargo, se considera a Gregorio Mendel como el padre de la genética (1866), porque fué el primero que comprobó sus resultados de hibridación en términos de caracteres aislados (Ayala, 1984); posteriormente, W. Roux (1883); sugirió que los cromosomas eran los portadores de las unidades hereditarias (Gardner, 1982).

Los estudios combinados del comportamiento de los genes y de los cromosomas originaron una nueva disciplina, la citogenética, la cual continúa siendo una parte activa de la biología celular (Avers, 1983).

Los conocimientos logrados por la ciencia de la citogenética desde principios del siglo XX, ponen de manifiesto que los cromosomas son los elementos claves para la transmisión de factores hereditarios: es por esta razón, que algunos estudiosos de la genética sostienen que las variaciones del " cariotipo normal ", afectan la producción positiva o negativamente; este fué un motivo por el cual se empezaron a desarrollar trabajos citogenéticos en especies de importancia económica, incluyendo a las acuícolas (Carlos Vásquez, com. pers.).

Algunos cambios en el número de los cromosomas no alteran la cantidad total del material hereditario, como son las fusiones y fisiones; en cambio, si existen modificaciones en las aneuploidias (presencia de uno o más cromosomas de una dotación normal que falten o se encuentren en exceso); monoplodias (tienen sólo una dotación de cromosomas) y las poliplodias (tienen más de dos dotaciones de cromosomas), esta última, es muy común en algunos grupos de plantas, pero es rara en los animales en la naturaleza (Ayala, 1984).

Dentro de las técnicas de manipulación con los juegos cromosómicos, encontramos las que tratan de inducir poliploidía ginogénesis y androgénesis en peces (Chorrout, 1984). La poliploidía puede inducirse por medio de agentes químicos, choques térmicos (fríos o calientes) o presiones hidrostáticas (Thorgaard, 1986).

El aumento en la frecuencia de las características cuantitativas, basadas en programas de selección depende de la reproducción diferencial no aleatoria de ciertos genotipos. Las frecuencias establecidas por los alelos de una población en equilibrio, son dinámicas y están sometidas a cambios. El método más sencillo que utilizan los productores de animales, es la selección fenotípica o masiva, la cual consiste en la selección sistemática de una parte de la población, donde las cualidades deseables se expresen mejor y en la utilización de los individuos que se elijan como progenitores para la siguiente generación (Gardner, 1982).

Debido al interés que se ha tenido por realizar mejoras genéticas en especies susceptibles a cultivo, se han realizado trabajos similares a los estudios realizados con anfibios. Fankhauscer (1945), trabajó con anfibios por presentar células y cromosomas de gran tamaño, lo que hace fácil su observación y manejo al microscopio; este investigador, observó el cambio en el número de cromosomas de todo el desarrollo de estos animales utilizando choques térmicos tanto en frío como en caliente; Ohno et al (1965), mencionan que de todos los peces teleosteos, los miembros de la familia Salmonidae, han sido objeto de estudios en trabajos de investigación citogenética, además, mostraron pruebas al trabajar con diferentes tejidos de la trucha arco iris Salmo gairdneri que dichas variaciones ocurren en todos los estadios de crecimiento de un organismo normal .

Fukuoka (1972), señala que existen diferencias intraespecíficas e interespecíficas en los cromosomas de los peces, éstas tienden a incrementarse en los cromosomas polimórficos.

Por otro lado, Cuellar y Uyeno (1972), analizando los cromosomas de 18 organismos (sexualmente maduros), de trucha arco iris, encontraron que uno de ellos presentaba número cromosómico $3n = 90$ (organismo triploide), dando como explicación que pudo deberse a la supresión en la segunda división meiótica seguida de una fertilización con un oocito no reducido pudiendo ser éste el mecanismo más cercano por la cual se produjo la triploidía.

Smith y Lemoine (1979), utilizaron a la colchicina como un método para inducir poliploidía en la trucha de arroyo Salvelinus fontinalis, concluyendo que esta droga produce mosaicos poliploides en crías de esta especie; un trabajo similar a éste es el de Refstie et al (1977), quienes utilizaron citocalacina B en huevos fertilizados del salmón Salmo salar, y de la trucha arco iris Salmo gairdneri, obteniendo los mejores resultados con dosis de 10 microgramos/ ml de esta droga.

Sin embargo, los intentos de inducir triploidía en salmónidos, se han caracterizado por encontrar altas mortalidades en los huevos y por la baja incidencia de triploidía de los peces que sobreviven al utilizar choques térmicos calientes Chourrout (1980). Este mismo autor, aplicó choques térmicos (27 - 30°C) durante 10 min. después de la fertilización, reportando una sobrevivencia del 50% en embriones de trucha arco iris: Thorgaard, et al (1981), encontraron un porcentaje de mortalidad similar en la trucha arco iris aplicando los choques térmicos a 37°C por un min., después de la fertilización. la sobrevivencia fué de 10% bajo estas condiciones; Chourrout y Quillet (1982), han tenido éxito al producir

100% de organismos triploides con una alta tasa de sobrevivencia, aplicando choques térmicos a 26 °C, durante 20 min después de 25 min. desde que se realizó la fertilización, la sobrevivencia al estadio de alevín fue parecida a la de los grupos controles; Lincoln y Scott (1983), aplicaron los choques a 27-28 °C, con duraciones de 10 a 15 min, aplicándolos desde 0-45 min, después de la fertilización, obteniendo 100% de triploidia en crías de la trucha arco iris, pero con una baja tasa de sobrevivencia; Scheerer y Thorgaard (1983), incrementaron la sobrevivencia de los salmónidos híbridos induciendo triploidia, realizaron diversas cruzas entre la trucha de arroyo (Salvelinus fontinalis), la trucha café (Salmo trutta) y la trucha arco iris (Salmo gairdneri), resaltando que los organismos híbridos triploides tenían un intervalo de sobrevivencia más alto que el de los organismos híbridos diploides; Solar , et al , (1984), aplicaron choques térmicos 26 ° C empezando un minuto después de la fertilización por espacio de 10 min. aplicándose a los huevos de la trucha arco iris Salmo gairdneri, obtuvieron una sobrevivencia del 90%; Bidwell, et al (1985), indujeron triploidia en el bagre de canal (Ictalurus punctatus), tratando a los huevos fertilizados a 5 C durante una hora, aplicándolo 5 min. después de la fertilización, contaron cromosomas de los linfocitos y tejido del riñón encontrando 100% de triploidia con este mecanismo.

Allen y Stanley (1978), trabajaron con 8 truchas de arroyo (Salvelinus fontinalis), por no presentar gónadas o por encontrarse poco desarrolladas. Realizaron mediciones del volumen nuclear de los eritrocitos, notando que el núcleo era más largo en éstas comparado con los organismos que tenían gónadas normales. llegaron a la conclusión de que se trataban de organismos poliploides mosaicos, indicando que esto ocurrió debido a que los huevos estuvieron expuestos a bajas temperaturas después

de la fertilización; Lemoine y Smith (1980), aplicaron choques térmicos en frío, a huevos recién fertilizados en la trucha de arroyo Salvelinus fontinalis, aplicados un minuto después de la fertilización, en agua que contenía una solución de glicerol al 5% a -1.5°C durante 2 horas. Tuvieron una alta mortalidad con este proceso. El análisis cromosómico mostró que el 33% de los embriones a los que se les aplicó el choque fueron poliploides mosaicos.

Por último, el tercer método para producir poliploidia es por medio de presiones hidrostáticas. Chorrou (1984), logró retener el segundo corpúsculo polar y suprimió la primera división meiótica en huevos de trucha arco iris Salmo gairdneri), produciendo organismos triploides y tetraploides; un trabajo similar a éste es el de Benfey y Sutterlin (1984), quienes produjeron triploidia por medio de choques térmicos caliente y presiones hidrostáticas en el salmón del atlántico (Salmo salar), obteniendo 100% de organismos triploides con una sobrevivencia de 70 - 90% comparada con los grupos controles.

La finalidad del presente trabajo fué la de inducir poliploidia en la trucha arco iris (Salmo gairdneri), por medio de choques térmicos (calientes), en el estadio de huevo con el fin de producir esterilización en los peces.

Como objetivos particulares se tuvieron:

a) Estimar los cambios en características de peso, crecimiento, pigmentación en la trucha arco iris (Salmo gairdneri) debidas a los choques térmicos .

b) Desarrollar una técnica citogenética para obtener cromosomas metafásicos en crías de trucha arco iris Salmo gairdneri (5 - 10 cm de longitud).

c) Verificar la poliploidia con la técnica citogenética implementada.

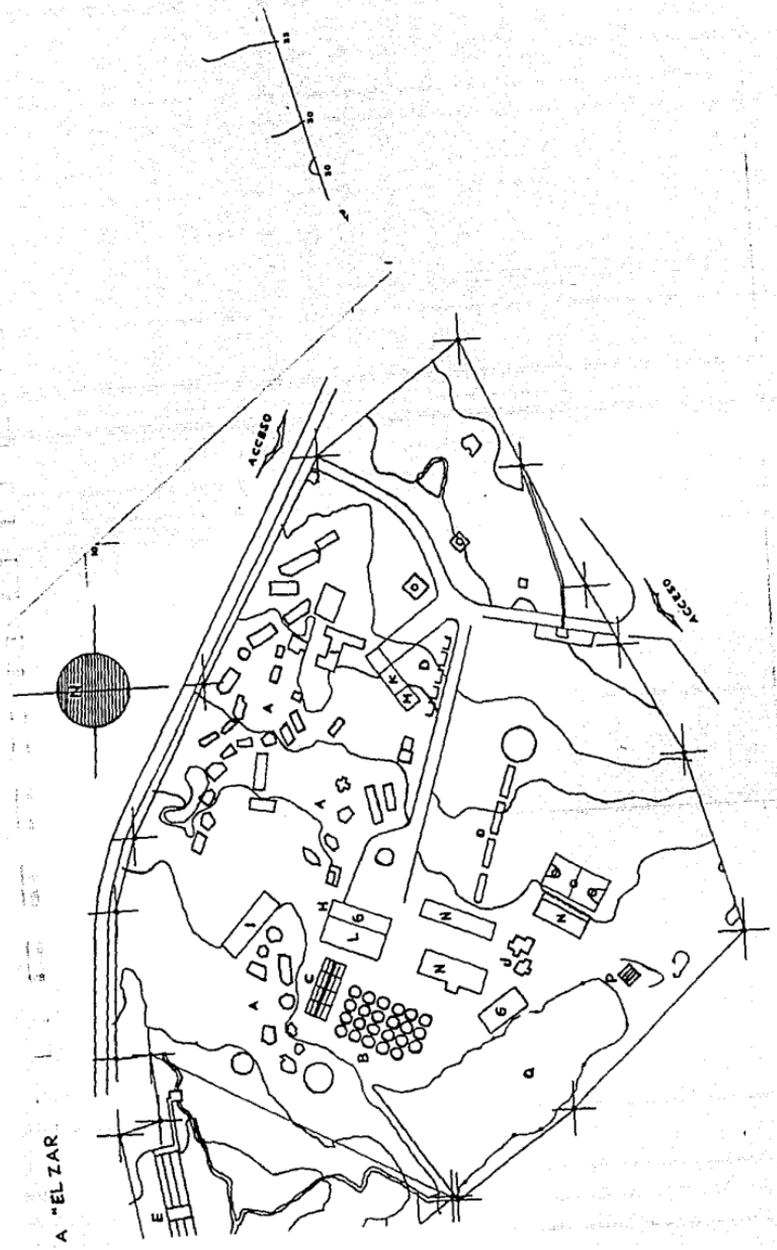
3.- AREA DE ESTUDIO

La Piscifactoría El Zarco, se encuentra localizado en el estado de México en el Km. 32.5 de la carretera México - Toluca, a una altitud de 3,060 msnm, sus coordenadas son 19° 17' 58'' latitud norte y 99° 22' 15'' longitud oeste. Cuenta con un área total de 85,677.23 m cuadrados, con la siguiente infraestructura:

- a) 39 Estanques semirústicos de forma irregular.
- b) 23 estanques circulares de concreto de 6 m. de dm.
- c) 16 estanques de concreto.
- d) 5 estanques rústicos con techo a la mitad.
- e) 2 baterías de 3 estanques cada uno de flujo rápido.
- f) 1 estanque de concreto para cuarentena.
- g) 2 salas de incubación:
 - I reacondicionamiento de las piletas de concreto 64 tinas.
 - II 58 tinas de fibra de vidrio de 310 l. de capacidad.
 - 2 piletas de concreto de 4 m. para estabular reproductores.
 - 1 tina circular de fibra de vidrio.
 - 11 incubadoras verticales.
- h) 1 laboratorio.
- i) 2 albergues.
- j) 2 casas habitación, una acondicionada para oficina.
- k) 1 almacén.
- l) 3 bodegas.
- m) 1 taller.
- n) 3 edificios del CONALEP.
- o) 4 estanques para cultivar Daphnia spp
- p) 1 estanque rústico para acociles.
- q) 1 presa de 2,500 m cuadrados.

La distribución se muestra en la figura 1.

A "EL ZAR.



El agua que abastece el centro proviene principalmente de manantiales y algunos escurrimientos, los cuales al ser captados dan un total de 30 a 70 l/seg en estío y lluvias respectivamente (Guerrero, 1987). En el cuadro 5 se muestra la calidad del agua de la piscifactoría durante los años 1988-1989 (Gutierrez, Yurrita, 1990).

Los datos meteorológicos para esta zona, están registrados en la Estación El Zarco, según el cuadro 6, donde se observan datos mensuales de temperatura promedio y precipitación . El clima según Köppen modificado por García (1988), corresponde al C (w2) (w) b (i'), que corresponde a un clima templado con lluvias en verano (Ver gráfica 1).

La temperatura media del mes más frío se ubica entre - 3 °C y 4 °C, la del mes más caliente es mayor de 6.5 °C con poca oscilación entre 5 y 7 °C, presenta así una marcha de temperatura tipo Gange, la temperatura promedio anual es de 9.7 °C (García, 1988).

El régimen de lluvias es de verano. La precipitación media anual oscila entre 82 y 220 mm; el % de lluvia invernal es menor al 5% con respecto a la lluvia anual. El % de lluvias en esta época es inferior al 5% de las medias anuales. El régimen de lluvias comienza en mayo y termina en octubre con un máximo en julio y un mínimo en los meses de enero a marzo, con un promedio anual de 1406.9. El cociente P/T es mayor a 55.0.

Las heladas se presentan de octubre a febrero o marzo y algunas nevadas con un ciclo irregular.

Desde el punto de vista florístico según Rzedowsky (1986), El Zarco, queda ubicado en la región mesoamericana de montañas en la Provincia que corresponde a las serranías meridionales; predomina las coníferas siendo el pino (Pinus spp) y el oyamel (Abies spp) las especies más frecuentes.

CUADRO # 5

CALIDAD DEL AGUA EN EL CENTRO PISCICOLA EL ZARCO
MEDIDAS DE PROMEDIOS ANUALES.

(1988 - 1989)

PARAMETRO	CANTIDAD
pH	6.54 unidades
TEMPERATURA	11.89° C
OXIGENO DISUELTO	7.81 ppm.
SATURACION DE OXIGENO	95.95 %
ALCALINIDAD M	33.98 ppm. de carbonatos (CaCO ₃).
DIOXIDO DE CARBONO	8.76 ppm.
DUREZA (TOTAL)	34.28 ppm. de carbonatos (CaCO ₃).

Tomado de Gutiérrez Yurrita, 1990.

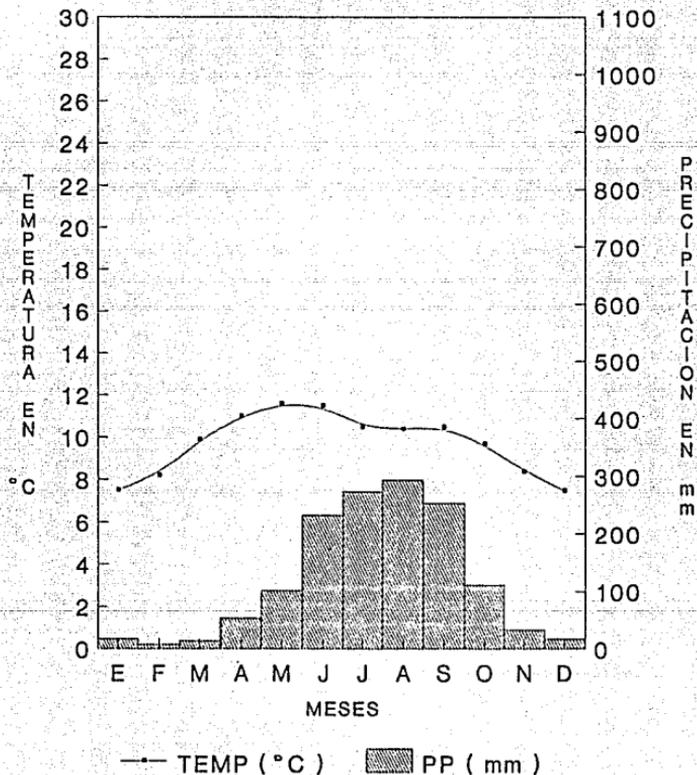
CUADRO # 6

DATOS METEOROLOGICOS DE LA ESTACION "EL ZARCO"
(1957 - 1980)

PARAMETROS	M E S E S												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
TEMPERATURA (° C)	7.5	8.2	9.9	11.0	11.6	11.5	10.5	10.4	10.5	9.7	8.4	7.5	9.7
PP (mm)	17.5	7.6	13.7	53.0	110.1	1232.2	1272.9	1293.2	1253.6	1110.5	33.3	17.5	1486.9

Tomado de García, 1980.

GRAFICA # 1
**CLIMATOGRAMA DE LA ESTACION METEREOLGIA
 "EL ZARCO" 1957-1980**



Tomado de Garcia, 1988.

4.- MATERIAL Y METODOS

Debido a que la época de reproducción de la trucha arco iris depende de la temperatura, latitud y altitud, en México, el desove se inicia a fines de otoño y concluye a fines del invierno, por tanto se escogieron los meses de agosto y septiembre para la realización del presente estudio.

El estudio se dividió en tres partes, la primera consistió en aplicar choques térmicos a huevos de la trucha arco iris (Salmo gairdneri) inmediatamente después de la fertilización, la segunda, implementar una técnica citogenética para obtener cromosomas en la etapa de metafase en la mitosis, utilizando crías de 5 a 10 cm de longitud total de esta especie, y la tercera consistió en conocer si existe algún efecto en las características fenotípicas de los grupos tratados.

PARTE I.

Se sabe, que la viabilidad y el número de huevos producidos dependen principalmente de las características físicas de los reproductores, por lo que es importante seleccionarlos adecuadamente en base a su peso, talla, edad y salud, con objeto de asegurar abundante producción de huevos y alta viabilidad (Aguilera y Noriega, 1985). En el cuadro 7 se muestran los promedios e intervalos de los datos merísticos de los reproductores seleccionados.

La metodología que se utilizó para el desove, fué la del método seco por ser la de uso común en la piscifactoria. Se realiza de la siguiente manera:

CUADRO # 7

DATOS MORFOMETRICOS DE LOS ORGANISMOS REPRODUCTORES
UTILIZADOS EN ESTE ESTUDIO

SEXO	PARAMETRO	DATOS MERISTICOS		
		LONGITUD TOTAL (cm)	ALTURA (cm)	PESO (gr)
MACHOS	\bar{X} =	42.14 +/- 4.38	10.14 +/- 0.88	946.57 +/- 221.38
n=7	I=	35 - 46	9.5 - 11.5	805 - 1,292
HEMBRAS	\bar{X} =	50.43 +/- 8.45	11.21 +/- 2.13	1,071.14 +/- 966.8
n=7	I=	42.5 - 63.0	9.0 - 14.5	807 - 3,228

Donde n = número total de individuos

\bar{X} = promedio

I = intervalo

En un recipiente de plástico (4 l) se depositan inicialmente los óvulos de dos hembras sexualmente maduras. Para esto, se les induce el desove al presionar en forma anteroposterior su abdomen, colocando el gonoporo directamente sobre la charola; inmediatamente se procedió de igual forma con el macho dejando caer el semen sobre los óvulos y homogenizando su distribución con la ayuda de una pluma de ave (guajolote), para garantizar su fertilización; el proceso se repite hasta terminar de desovar las hembras y machos. Se dejó reposar la mezcla de óvulos y semen en la oscuridad durante 10 minutos, para que se fecundaran los óvulos. Se enjuagó con agua corriente hasta quitar el exceso de esperma y suciedades propias del proceso (heces, sangre, etc).

Al término de éste tiempo, los huevos se separaron al azar en 4 grupos con objeto de ser sometidas a choques térmicos. Los tratamientos utilizados fueron :

# Tratamiento	Temperaturas °C
1	25 - 28
2	28 - 29
3	29 - 30
grupo control	11

La duración de cada tratamiento fué de 10 minutos , teniendo una réplica para cada uno de ellos.

El choque térmico se realizó utilizando vasos de precipitado de 500 ml, conteniendo agua con la temperatura requerida para cada tratamiento. Para cada tratamiento se utilizaron 2,000 huevos, se colocaron dentro de coladeras de plástico de malla fina y se sumergieron dentro de los vasos de precipitados durante 10 min, al terminar inmediatamente se colocaron en tinas con agua corriente (11 °C) durante 20 minutos para su hidratación.

Finalmente, los huevos se distribuyeron en charolas de la incubadora vertical tipo California (Heat technó) a 11°C, colocando los huevos restantes en una charola aparte los cuales se utilizarían para la segunda etapa del experimento. A cada charola se le anotó el número de tratamiento y la fecha del desove.

Durante el período de incubación, se efectuó una serie de limpiezas de huevos, extrayendo los muertos. La periodicidad de la limpieza fue a: 24 horas de fertilización; 6 días después de fertilización, 20 días después (o cuando el huevo hubiera oclado), posteriormente se realizó la limpieza cada tercer día hasta el momento de la eclosión. Durante las limpiezas se llevaba un registro de la mortalidad, en los diferentes estadios, tanto de los organismos con tratamiento como el grupo control.

Como tratamiento profiláctico para evitar el parasitismo ocasionados por hongos (Saprolegnia parasítica), se suministró cada tercer día una dosis de verde de malaquita al 11.1 g/l diluido en agua, agregando 100 ml de esta solución a cada incubadora (con capacidad de 8 charolas alimentada con 14 l/min de agua).

Al término del período de incubación (27-29 días), se trasladaron los alevines a tinas de alevinaje y cría, (utilizando una para cada tratamiento) mismas que habían sido tratadas previamente con formol al 5% como medida preventiva de agentes patógenos. En estas canaletas se desarrollaron los alevines recién eclosionados hasta alcanzar 10 cm de longitud. Durante la "Stanza" de crías, se alimentaron "ad libitum" cada dos horas, mientras había luz del día. El alimento suministrado consistió en alimento balanceado comercial " Gigante " y alimento natural fresco (vivo) Daphnia spp.

PARTE II

Para el desarrollo de la técnica citogenética, se escogió como base el procedimiento desarrollado por Denton (1973). El material utilizado para llevar a cabo esta técnica consistió en la obtención de los arcos branquiales de crías de 5 a 10 cm de longitud total del cuerpo.

De acuerdo a lo anterior, el desarrollo de este estudio fué como sigue:

Se tomó aleatoriamente organismos con tratamiento y del grupo control, de la tina de crecimiento, se registraron sus datos merísticos básicos (peso, longitud total y altura , los cuales se observan en el cuadro 8).

En seguida, se le practicaba un corte con tijeras, detrás del opérculo, dejando las branquias al descubierto; con unas pinzas de disección, se extraían los arcos branquiales y se colocaban en una caja de petri, la cual contenía una solución de colchicina (1 ml , a 0.1 y 0.05 % respectivamente), el tiempo de exposición varió de 1 a 6 Hrs. con intervalos de 1 Hr. cada uno; posteriormente se colocó las muestras en una solución hipotónica de cloruro de potasio (KCl) al 0.075 M, durante 20 min.; paso seguido, se agregaba el fijador (metanol : ácido acético en proporción 3:1) y se dejaban las células reposar 10 minutos; al término de este tiempo, se centrifugó el material en una centrifuga Beckman modelo TJ - 6 a 1,500 rpm.

Para lavar las células, se repetió el procedimiento anterior desde el fijador, hasta observar el material limpio (color blanquecino), lo cual sucedía después de dos a tres lavadas.

En las preparaciones, se dejaba caer una gota del material obtenido sobre un porta objetos, colocado a un metro de altura y las preparaciones se dejaron secar al aire.

La tinción se realizó por el método de Gimsa-Wright, introduciendo las muestras en dos cámaras de Hessel; uno contenía el colorante Giemsa y la otra, una solución de Wright; el tiempo de exposición en cada colorante fué de 10 min; por último, se observaron las preparaciones al microscopio (120 y 480 aumentos).

Tanto para los organismos del grupo control como a los tratados se contaron 100 metafases respectivamente y se anotaba el número cromosómico encontrado.

CUADRO # 6

DATOS MERISTICOS DE LAS CRIAS UTILIZADAS EN LA TECNICA
CITOGENETICA EN GRUPO CON TRATAMIENTO Y GRUPO
CONTROL.

GRUPO	PARAMETRO	DATOS MERISTICOS		
		LONGITUD TOTAL (cm)	ALTURA (cm)	PESO (gr)
CONTROL	\bar{X} =	7.70 +/- 2.54	1.7 +/- 0.76	6.55 +/- 6.60
	n=28 I=	4.5 - 14.5	0.8 - 3.4	0.9 - 13.20
TRATAMIENTO	\bar{X} =	8.0 +/- 3.60	1.9 +/- 0.80	6.2 +/- 3.4
	n=28 I=	4.8 - 16.0	0.80 - 2.20	1.0 - 14.5

Donde n = número total de individuos

\bar{X} = promedio

I = intervalo

PARTE III

Esta etapa consistió en medir a los organismos a los dos años. Los datos que se registraron de cada organismo fueron: longitud total, longitud de la cabeza, altura, peso, sexo, color que presentaban. Las tres primeras medidas se tomaron con una regla común. La longitud total se tomó desde el comienzo de la boca hasta el término de la aleta caudal; la longitud de la cabeza se midió desde el comienzo de la boca hasta donde terminaba el opérculo del organismo; se estimó la relación cabeza cuerpo; la altura se midió de la base del abdomen a la distancia más alta del dorso; el peso se tomó con una báscula eléctrica de 30,000 g con una precisión de 1 g.

Con objeto de conocer si existió alguna diferencia entre organismos sometidos a choque térmico y control se utilizó un diseño factorial de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ijk1} = \mu + T_i + S_j + TS_{ij} + C_k + E_{(ijk)1}$$

donde:

$$Y_{ijk1} \text{ es la } 1 - \text{ésima respuesta aleatoria}$$

(longitud total, longitud de la cabeza, proporción cabeza cuerpo, altura y peso del organismo, asociada al k - ésimo color (k=blanco, normal, azul), al j - ésimo sexo (j= machos, hembras) y al i - ésimo tratamiento (i= TRT1, TRT2, TRT3 y control), μ es la media poblacional, T_i es el efecto del i - ésimo tratamiento, S_j es el efecto del j - ésimo sexo, TS_{ij} es el efecto entre el j - ésimo tratamiento y el j - ésimo sexo, C_k es el efecto del k - ésimo color y $E_{(ijk)1}$ es el error aleatorio NID (0, σ^2). No fué posible estimar interacciones de segundo orden con color debido al número de observaciones disponibles.

5.- RESULTADOS Y DISCUSION

La aplicación de tratamientos con choques térmicos en caliente, en algunos casos han tenido éxito para inducir triploidía en especies como la trucha arco iris (Salmo gairdneri) utilizada en este estudio, como lo demuestran los trabajos de Chorrout y Quillet (1982) y los de Lincoln y Scott (1983).

Los tratamiennntos y temperaturas que se aplicaron en el presente trabajo, fueron similares a las reportados por Chorrout (1980), Chorrout y Quillet (1982), Lincoln y Scott (1983) y Solar et al (1984).

En el cuadro 9 se muestra la mortalidad y la mortalidad acumulada en (%), de acuerdo a los estadios de embrión, alevín y cría (5 a 10 cm. de longitud total tanto en los grupos con tratamiento como grupo control. (Ver gráfica 2).

En el estadio de embrión, se observó una mayor mortalidad en el tratamiento donde los huevecillos fueron sujetos a temperaturas de 29 - 30 °C, intermedia en aquéllos de 25 - 28 °C, no se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre tratamiento de 28 - 29 °C y control.

En el estadio de alevín, se observaron diferencias estadísticas significativas de todos los tratamientos con respecto al control, sin encontrar diferencias entre los tratamientos ($P > 0.05$), sin embargo, la mortalidad entre embrión y alevín fué mayor en el TRT2 (75.2 %) y menor en el TRT3 (27.9%) siendo el 51.8% en el TRT1 siendo estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) entre ellos, mientras que el grupo control mostró una mortalidad en el mismo períodos del 36.7% siendo este mayor que el mismo TRT3 ($P < 0.10$).

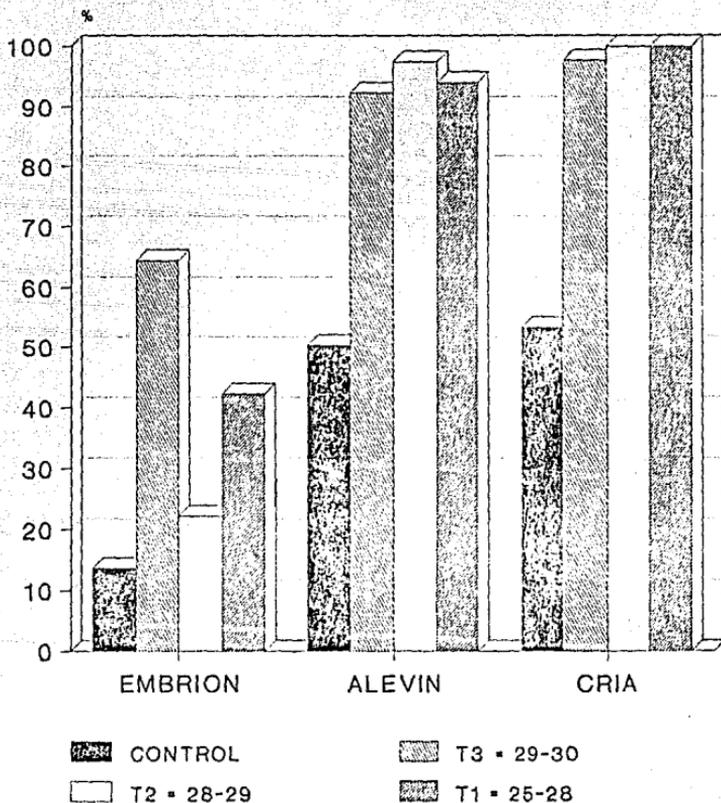
CUADRO # 9

MORTALIDAD (M) Y MORTALIDAD ACUMULADA (MA) EN LOS DIFERENTES ESTADIOS DE LA TRUCHA ARCO IRIS (*Salmo gairdneri*) EN GRUPOS CON TRATAMIENTO Y GRUPO CONTROL

TRATAMIENTO (T C)	# DE HUEVOS INICIALES	ESTADIO			
		EMBRION (%)	ALEVIN (%)	CRIA (%)	
T1 = 25-28	4,000	M	42.28	89.69	100.00
		MA	42.28	94.05	100.00
T2 = 28-29	4,000	M	22.23	96.70	100.00
		MA	22.23	97.43	100.00
T3 = 29-30	4,000	M	64.43	78.40	69.99
		MA	64.43	92.33	97.78
CONTROL = 11	4,000	M	13.65	42.50	3.50
		MA	13.65	50.35	53.85

Las literales utilizadas son estadísticamente diferentes.

GRAFICA # 2
MORTALIDAD ACUMULADA EN LOS ESTADIOS DE
EMBRION, ALEVIN Y CRIA



En el estadio de cría TRT1 y TRT2 mostraron una mortalidad del 6 y 3 % , siendo la totalidad de los individuos, mientras que el TRT3 mostró una mortalidad del 5.4% superior a su control (3.5%) sin ser diferentes estadísticamente ($P > 0.05$).

Chorrou (1980) utilizó temperaturas y tiempo de aplicación parecidas a las de este trabajo (27 a 30 °C), siendo parecida a la de los tratamientos 2 (28 - 29°C) y TRT 3 (29 - 30°C) aplicándolos este autor por un tiempo de 10 minutos de 0 - 70 min después de la fertilización y obtuvo una sobrevivencia de embriones triploides del 50%, siendo los resultados de mortalidad en este estadio de 22.23% y 64.43 para TRT2 y TRT3, respectivamente. Este autor no encontró sobrevivencia en el estadio de crías, tal como sucedió con el TRT 2 (100% mortalidad); Thorgaard et al (1981) aplicaron choques térmicos con temperaturas más altas en comparación con con las de este trabajo (37 °C por 1 min. 10 min. después de la fertilización), teniendo una sobrevivencia aproximada del 10% , Chorrou y Quillet (1982) han tenido éxito al producir 100% de triploidia con altas tasas de sobrevivencia siendo ésta en el estadio de alevín parecida a la de los grupos controles utilizando choques térmicos a 26 °C por 20 min. aplicados 25 min. después de la fertilización; Lincoln y Scott (1983) aplicaron los choques térmicos de 27 - 28 °C con duraciones de 10 a 15 min aplicándolos desde 0 - 45 min después de la fertilización obteniendo 100% de triploidia en crías con una baja tasa de sobrevivencia, estas condiciones son parecidas a las del TRT1 (25 - 28 °C aplicándolos por 10 min. 10 min. después de la fertilización) teniendo una mortalidad de 100% en el estadio de cría; Solar et al (1984) indujeron triploidia en huevos de trucha arco iris a 1 - 40 min. después de la fertilización .

Las temperaturas óptimas fueron de 26 y 28 °C. Todos los huevos tratados a 30 °C, 40 min. después de la fertilización murieron antes de incubarse, en cambio utilizando las mismas temperaturas pero aplicando los choques un min. después de la fertilización mostraron sobrevivencia superior.

También se han trabajado con otras especies como lo demuestran los trabajos de Benfey quien aplicó choques térmicos por 5 min a 32 °C en el salmón del atlántico obteniendo 100 % de triploidía y 80% de sobrevivencia con respecto a los controles y los de Bidwell et al (1985) quienes trabajaron con el bagre de canal.

Una revisión general de los diferentes resultados reportados parecen indicar que las temperaturas para los choques térmicos entre 26 y 28 °C con duraciones 10 a 20 min. y de 20 a 25 min. después de la fertilización serían los tratamientos recomendados para inducir triploidía en la trucha arco iris Salmo gairdneri ; temperaturas más bajas de 26 °C y más altas de 28 °C son menos efectivas en producir triploidía y drásticamente afecta la viabilidad de los huevos.

El cuadro 10 muestra el análisis de varianza para las siguientes variables: Longitud total, longitud de la cabeza, altura, proporción cabeza-cuerpo y peso de los organismos adultos; todo ello de acuerdo a: tratamiento, sexo y color. El cuadro 11 muestra las medias mínimo cuadráticas para estos efectos. No se observaron diferencias estadísticas significativas para tratamiento y color ($P < 0.05$) a excepción del peso corporal, donde el color mostró diferencias estadísticas ($P < 0.05$), el efecto de sexo mostró diferencias en longitud total, y peso corporal ($P < 0.05$) sin ser diferentes estadísticamente en ninguna de las otras variables.

Como se mencionó anteriormente todos los organismos del TRT1 y TRT2 murieron antes de llegar a la etapa adulta, por lo que la comparación de tratamiento sólo se realizó entre TRT3 y control, no se observaron diferencias y los promedios fueron: 37.8 cm para longitud total, 8.25 cm para longitud de la cabeza, 9.5 cm para la altura y 836 gr el peso a los 2 años de edad. La proporción de la cabeza fue del 22.5% con respecto al tamaño corporal. Sin embargo, se observó que el tamaño del huevo fue 1 mm menor en la hembras del grupo tratado con respecto a las hembras control (3.9 - 4.9 mm) y los controles corresponden a los citados.

CUADRO # 10

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE LONGITUD TOTAL,
LONGITUD DE LA CABEZA, ALTURA, PESO PROPORCIONAL DE LA CABEZA Y
PESO CORPORAL EN INDUCCIÓN DE POLIPLOIDIA EN LA TRUCHA ARCO IRIS

ORIGEN DE LA VARIACION	GL	DATOS MERÍSTICOS				
		LONGITUD TOTAL (ca)	LONGITUD DE LA CABEZA (ca)	ALTURA (ca)	PROPORCIÓN CABEZA (ca)	PESO (gr)
TRATAMIENTO	1	10.5	0.01	0.5	0.0003	84,526.7
SEXO	1	148.9 **	3.5	3.6	0.0137 **	721,947.9 **
COLOR	2	12.4	0.5	0.5	0.00012	36,059.4
IRIS Y SEXO	1	0.5	0.4	0.4	0.0002	2,482.9
ERROR	95	20.2	1.1	1.4	0.0004	77,328.9

** Se encuentran diferencias estadísticas.

CUADRO # 11

MEDIDAS MINIMAS CUADRATICAS PARA LONGITUD TOTAL, LONGITUD CABEZA,
 ALTURA, PROPORCION CABEZA CON RESPECTO AL CUERPO TOTAL, PESO,
 EN TRUCHA ARCO IRIS DE ACUERDO A TRATAMIENTO SEXO Y COLOR.

		DATOS MERICOS				
		LONGITUD TOTAL (ca)	LONGITUD CABEZA (ca)	ALTURA (ca)	PROPORCION CABEZA RESPECTO AL CUERPO TOTAL (ca)	PESO (gr)
TRATAMIENTO	CONTROL	137.4 +/- 4.23 a	8.2 +/- 0.88 a	9.4 +/- 1.02 a	0.22 a	1797.1 +/- 261.24 a
	TRATADO	138.3 +/- 5.14 a	168.3 +/- 1.19 a	9.6 +/- 1.39 a	0.21 a	1874.7 +/- 321.95 a
SEXO	HEMBRAS	139.2 +/- 0.66 a	8.0 +/- 0.15 a	9.8 +/- 0.10 a	0.20 a	1930.3 +/- 40.00 a
	MACHOS	136.5 +/- 0.95 b	8.4 +/- 0.21 a	9.3 +/- 0.25 a	0.23 a	1741.4 +/- 58.98 b
COLOR	BLANCOS	137.7 +/- 0.86 a	8.3 +/- 0.20 a	9.4 +/- 0.23 a	0.22 a	1792.4 +/- 53.14 a
	NORMALES	137.3 +/- 0.72 a	8.1 +/- 0.17 a	9.4 +/- 0.19 a	0.21 a	1810.9 +/- 44.5 a
	AZULES	139.2 +/- 1.65 a	8.4 +/- 0.38 a	9.8 +/- 0.45 a	0.21 a	1934.3 +/- 102.90 b

Se observó que las hembras fueron más largas que los machos y 200 gr más pesadas esto se atribuye al dimorfismo sexual (Orbe y Cepeda, 1982).

Al analizar el efecto de color, se observó que las truchas de color azulado resultaron 100 gr más pesadas que aquellos de coloración normal y blancas, sin ser éstas diferentes estadísticamente entre sí ($P > 0.5$).

Se encontró que uno de los organismos con tratamiento sobresalió de todos los demás individuos, teniendo las siguientes características: Longitud total = 45 gr, Altura = 12 cm., Longitud de la cabeza con respecto al cuerpo = 11.5 y Peso = 1409 gr, siendo la característica principal de que se trata de que es el único organismo estéril, por lo que se podría pensar de que probablemente se trate de un organismo poliploide, la cual se va a comprobar realizando estudios posteriores utilizando técnicas en las cuales los organismos no se tengan que sacrificar para obtener cromosomas metafásicos, por ejemplo cultivo de linfocitos.

PARTE II

Al trabajar la técnica citogenética tal como viene especificada en la literatura, no siempre da los resultados esperados, por lo que en este estudio se tuvieron que hacer algunas modificaciones que fueron de gran utilidad para cumplir los objetivos de este trabajo, éstas modificaciones están acordes con lo reportado por los trabajos de McPhail y Jones (1966); Elorza (1968); Stewart y Levin, 1968; Denton y Howell (1969) y Denton (1973), quienes mencionan que las técnicas citogenéticas requieren ser modificadas en la concentración y tiempo de exposición a la colchicina, de acuerdo a la especie que se

quiera estudiar, al órgano del cual se obtengan los cromosomas y a las características ambientales donde se realice el estudio, con lo cual se pueden mejorar los resultados.

Ohno, et al (1965) y Becak, et al (1966), señalan que el riñon y bazo son buenos tejidos para obtener cromosomas, Las figuras mitóticas encontradas en el bazo provienen de las células linfoides y las del riñon provienen de los elementos hematopoyéticos del tejido mieloide; sin embargo, estos tejidos necesitan el empleo de la colchicina, lo cual acarrea desventajas en la forma de suministrarla, debido a que este inhibidor mitótico se tiene que inyectar muscularmente en la parte dorsal o intraperitonealmente al organismo, pudiendo lastimar los órganos internos con la aguja, lo cual trae como consecuencia una muerte rápida sin que dé tiempo de actuar a la colchicina.

Muy pocos investigadores como Drewry (1957), utilizan la córnea y tejido conjuntivo a pesar de que en éstas se encuentran las células en constante división en peces jóvenes, pero tiene la desventaja que se necesita tener mucha habilidad para poder adoptarla como técnica de rutina.

Sin embargo, Denton (1973) recomienda trabajar con los arcos branquiales por presentar las siguientes características: son estructuras en constante actividad mitótica; proveen de abundante material para desarrollar la técnica; se puede trabajar con crias y se obtienen fácilmente sin dañar los arcos branquiales.

En el cuadro 12 se muestra la técnica citogenética con la cual se obtuvieron los mejores resultados; dicha técnica tomó como base la metodología empleada por Denton (1973), misma que fue desarrollada para los peces

teleósteos en general, por lo cual, el mismo autor señala en dónde deben estar las correcciones más pertinentes, las cuales se basan en el órgano del cual se desean obtener las muestras. En este estudio se optó por utilizar los arcos branquiales, con los cuales se obtuvieron los resultados esperados, tal como los reportaron Elorza (1968) y Denton (1973).

CUADRO # 12

TECNICA CITOGENETICA
CON MODIFICACIONES DE LA TECNICA DE ZENTON (1973).

- 1.- Sacrificar al organismo y extraer los arcos branquiales.
- 2.- Colocar el material en una caja de petri con 1 ml de colchicina, al 0.05 %, por 3 horas.
- 3.- Colocar los arcos branquiales en un tubo de ensayo conteniendo 2 ml de HCl 0.875 M resuspender con una pipeta Pasteur y dejar reposar por 30 minutos.
- 4.- Centrifugar el material a 1500 rpm, extraer el sobrenadante, agregar fijador (ácido acético-metanol, en proporción 3:1). Centrifugar la muestra 10 minutos a 1500 rpm.
- 5.- Extraer el sobrenadante y repetir paso no. 4.
- 6.- Hacer las preparaciones, dejando caer una muestra del material sobre un portabjetos limpio y dejar secar al aire.
- 7.- Tefrir con una solución de Giemsa-Wright durante 10 minutos.
- 8.- Observar las preparaciones en un microscopio óptico (120 y 450 aumentos).

Por otro lado, la función principal de la aplicación de la colchicina, es el detener la mitosis celular durante la metafase; ya que ésta actúa bloqueando la formación del huso acromático por interferencia de los grupos sulfhidrilos de la constitución molecular de los microtúbulos del mismo, e impide la migración de los cromosomas hacia los polos de la célula en división (Kihlman, 1966). Otros inhibidores mitóticos utilizados son la colcemida (diacetilmetil- colchicina) y el velban (sulfato de vinblastina) según Denton (1973). Sin embargo, la colcemida es un agente poco potente, por lo cual se requieren altas concentraciones y mayor tiempo de exposición, mientras que el Velban, es muy potente, costoso y difícil de conseguir.

La concentración de la colchicina que Elorza (1968), recomienda en crías de trucha arco iris es de 0.05% en solución salina isotónica de cloruro de sodio (ya que este es un medio semejante a los líquidos del cuerpo desde el punto de vista osmótico).

Denton (1973) señala que tomando en cuenta el tamaño del organismo con el que se va a trabajar la colchicina puede suministrarse de las siguientes formas:

a) Para especímenes grandes se les suministra 0.1 ml a 0.01 - 0.1% del inhibidor/10 gr del peso del pez, se inyecta despacio en la musculatura dorsal o se pueden aplicar intraperitonealmente.

b) Cuando los organismos son muy pequeños para ser inyectados se dejan nadar por varias horas en una solución diluida con el inhibidor mitótico. Usualmente se les aplica de 0.001% a 0.1% de la solución y se dejan nadar de 3 a 8 horas.

En el centro piscícola se practicaron los dos métodos ya mencionados para suministrar la colchicina, sin tener buenos resultados. Por lo que se decidió colocar los arcos branquiales en una caja de petri con solución de colchicina (Miguel Betancourt, com. pers.), donde se obtuvieron los resultados esperados . Hay pocos reportes a este respecto, por lo cual no se pudieron hacer comparaciones. Una desventaja de este método, es que el organismo se tiene que sacrificar y se esta a expensas de la vida media del tejido seleccionado. Sin embargo, las ventajas son mayores, porque se tiene el tejido en contacto directo con la solución y es fácil que ésta penetre en las células.

La ventaja de aplicar el tratamiento con una solución hipotónica es que las células se pongan turgentes y los cromosomas se diseminan. Dentro de las soluciones hipotónicas se encuentran: agua bidestilada tibia (McPhail y Jones, 1966; Elorza, 1968; Denton y Howell, 1969); agua destilada fría (Ohno et al y Becak et al 1966); cloruro de potasio o solución isotónica diluida (Denton, 1973); KCN (Stewart y Levin, 1963). El tratamiento regularmente dura desde un minuto a 1 hora. El tiempo varia dependiendo de la temperatura y de la consistencia del tejido a usar. Denton (1973), recomienda usar KCl a 0.075 M con diferentes tiempos de exposición; para este trabajo, la concentración reportada por este autor fue la adecuada, asi como un tiempo de 20 minutos.

Para el caso de los fijadores, el metanol- ac. acético (en proporción 3:1) es el mas utilizado, su tiempo de exposición es de 10 minutos. Este fijador se prepara antes de ser usado para evitar lo menos posible la evaporación del alcohol (Drewry, 1957; Denton y Howell, 1969), siendo este el fijador empleado en este trabajo obteniendo buenos resultados, también se encuentran ácido acético al 50% (Ohno et al 1965; Becak et al 1966; Lieppman y Hubbs, 1969), y ácido acético al 45 % (Stewart y Levin, 1968).

El objeto de usar fijador es la de matar la células sin destruir sus componentes.

La tinción puede efectuarse ya sea utilizando colorantes panópticos o bien tiñiendo con la aceto - orceína (Elorza, 1968; Denton, 1973), encontrando también resultados satisfactorios con el colorante Giemsa siendo éste fácil de preparar, se encuentra sin ningun problema y los cromosomas se observan nítidos . Al utilizar este colorante los cromosomas se tenían muy fuerte por lo que sugirieron la utilización del colorante de Wright para aclararlos (Sara Frias, com. pers.), obteniendo asi mejores resultados.

Con esta técnica se observaron 100 metafases tanto para el grupo control como a los tratados obteniendo $2n=60$ como los reportes de Elorza (1968). No encontrando ninguna preparación que mostrara una poliploidia, por lo que los organismos con tratamiento son diploides.

6.- CONCLUSIONES

1.- Al utilizar tratamientos con temperaturas de 25 a 29 °C, se obtiene 100% de mortalidad en el estadio de cría.

2.- No se encontraron diferencias en el número cromosómico entre el grupo control y el tratamiento 3 en branquias de crías de esta especie, encontrando que ambos grupos son diploides ($2n = 60$).

3.-En los organismos de 2 años de edad únicamente se encontraron diferencias significativas en el sexo, las cuales se deben al dimorfismo sexual que presentan los organismos.

4.- Con las modificaciones a la técnica citogenética de Denton (1973), se observan cromosomas metafásicos.

7.-LITERATURA CITADA

- AGUILERA, H.P. y P. NORIEGA, C. 1985., La trucha y su cultivo. FONDEPESCA, México. 60 pp.
- ALLEN, S. A. JR. y J. STANLEY, G. 1978., Productive sterility in polyploid brook trout, Salvelinus fontinalis. Trans. Am. Fish. Soc. 107 (3): 473 - 478.
- ANONIMO, 1985., La acuicultura en México . Acuavisión, 1: 4 - 9.
- ARREDONDO, F.J.L. 1983., Especies animales acuáticas de importancia nutricional introducidas en México. Blótica 8 (2): 175 - 199 .
- ARREDONDO, F.J.L. 1988., La necesidad de producción de crías, como un factor determinante en el desarrollo de la acuicultura. Taller de actualización. Las hormonas en la producción piscícola. U.N.A.M., ENEP- Iztacala. México. 45 pp.
- AVERS, CH. J. 1983., Biología celular. Iberoamérica. México. 534 pp.
- AYALA, F.J. y A. KIGER. F. JR. 1984., Genética moderna. Omega. Barcelona. 836 pp.
- BARDACH, J. E., J. RYTHER, H. y W. MCLARNEY, O. 1986., Acuicultura: crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce . AGT Editor. México. 741 pp.
- BECAK, W, M. BECAK, L., y S. OHNO. 1966., Intraindividual chromosomal polymorphism as evidence of somatic segregation. Cytogenetics. 5: 313.
- BENFEY, T.J. y A. SUTTERLIN, M. 1984., Triploidy induced by heat shock and hydrostatic pressure in land locked atlantic salmon (Salmo salar L.). Aquaculture. 36: 59-367.
- BIDWELL, C.A., C. CHRISMAN, L. y G. LIBEY. S. 1985., Polyploidy induced by heat shock in channel catfish . Aquaculture. 51: 25-32.

- BROWN, E. E. 1977., World fish farming cultivation and economics. The Avi Publishing Company. Inc. U.S.A. 397 pp.
- CORROUT, D. 1980., Thermal induction of diploid gynogenesis and triploidy in the eggs of the rainbow trout (Salmo gairdneri RICHARDSON). Reprod. Nutr. Develop. 20 (3 A). 727- 733.
- CHORROUT, D. 1984., Pressure-induced retention of second polar body and supression of first cleavage in rainbow trout: production of all triploids, all-tetraploids, and heterozygous and homozygous diploid gynogenetic. Aquaculture. 36: 111-126.
- CHORROUT, D. y E. QUILLET., 1982. Induced gynogenesis in the rainbow trout; sex and survival of progenies. Production of all triploid populations. Theor. Appl. Genet. 63: 201-205.
- CLAYTON, G. A., 1980. The role of genetics in improving the efficiency of pultry in the 80's. Proc 6th. Eur. Poul. Conf. pp 43.
- CUELLAR, O. y T. UYENO. 1972., Triploidy in rainbow trout. Cytogenetics. 11: 508-515.
- DENTON, T. E. 1973., Fish chromosome methodology . Charles C. Thomas. Publisher. Springfield. III. E.U.A. 166 pp.
- DENTON, T. E. y H. HOWELL, M. 1969., A technique for obtaining chromosomes from the scale ephitellum of teleost fishes. Copeia. 1969: 392-393.
- DREWRY, G. E. 1957., Chromosome number. Bull. Texas Memorial Museum . 8: 67.
- ELORZA, J. A. 1968., Estudios preelminares sobre citogenética de dos especies de truchas (Salmo gairdneri R. y Salvelinus fontinalis M. PISCES: SALMONIDAE). Tesis para obtener el titulo de biólogo. Fac. Ciencias. U.N.A.M. 46 pp.
- ELORZA, J. A. 1971., Instructivo para el manejo de la trucha arco iris en México. (Inédito). 84pp.

- FANKHAUSCER, G. 1945., The effects on changes in chromosome number on amphibians development. Rev. Biol., 20:20-78.
- FUKUOKA, H. 1972., Chromosome number variations in the rainbow trout (Salmo gairdneri). Jap. J. Genet. 47: 455-458.
- GARCIA, E. 1988., Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Int. de Geog U.N.A.M. Méx. 217 pp.
- GARDNER, E. J. 1982., Principios de genética. Limusa. México. 716 pp.
- GJEDREM, T. 1976., Possibilities for genetic improvements in salmonids. J Fish Res. Board Can. 33: 1094-1099.
- GUERRERO, C. 1987., Fotoperíodo sobre crecimiento de crías de trucha arco iris . UAM-X. Méx. 50 pp.
- GUIÓN DEL PRIMER PROYECTO DE ACUACULTURA. 1988., SEPESCA. México. 10 pp.
- GUTIERREZ- YURRITA, P.J. 1990., Estudios sobre el crecimiento en crías de trucha arco iris (Salmo gairdneri Richardson) PISCES: SALMONIDAE . en relación a diversas dietas .Tesis para obtener el título de biólogo. U.N.A.M. Fac. Ciencias. México. 89pp
- KIHLMAN, B. A. 1966., Actions of chemicals on dividing cells. Prentice Hall. U.S.A. pp 105 - 116.
- KLONTS, G. W., P. DOWNWY. C., y R. FOCHT. L. 1979., A manual anual for trout and salmon production. Sterling H. Helson and sons. Inc. Murray Elevators Divission. UTAH. 23 pp.
- LASLEY, J., F. 1978., Genetics of livestock improvement . Prentice- Hall, Inc., U.S.A. 492 pp.
- LEITRITIZ, E. y C. LEWIS. R. 1976. Trout and salmon culture. State of California Departament of Fish and Game. Fish. Bull. 164: 197.
- LEMOINE, H. L. y L. SMITH. T. 1980., Polyploidy induced in brook trout by cold shock. Trans. Am. Fish. Soc. 109: 626-631.

- LINCOLN, R.F., y A. SCOTT.P. 1983., Production of all triploid rainbow trout .Aquaculture. 30: 375-380.
- LIEPPMAN, M. y H. CLARK. 1969., A Karyological analysis of two cyprinid fishes, Notemigonus crysoleucas and Notropis lutrensis. Texas reports on Biology and Medicine. 27 (2): 427.
- NUEVA ENCICLOPEDIA DEL REINO ANIMAL; PECES - 1. 1985., SALMONES; GENEROS Oncorrinchus y Salmo. México. pp 127- 143.
- McPHAIL, J.D., y R. JONES. L. 1966., A simple technique for obtaining chromosomes from the scale epithelium teleost fishes . J. Fish. Board Can, 23: 767-768.
- OHNO, S. C., C. STENUS., E. FAISST y M. ZENZES. T. 1965., Post- zygotic chromosomal rearrangements in rainbow trout (Salmo irideus Gibbons)". Cytogenetics. 4:117 - 129.
- ORBE, M.A. y M. CEPEDA. G. 1982., Manual técnico para el cultivo de la trucha arco iris. Dirección General de Acuicultura. Sria. de Pesca. México. 129 pp.
- RAMIREZ, G. R. 1962., Instructivo para la cria de trucha . Inst. Nal. Invest. Biol. Pesq. Méx. 57 pp.
- REFSTIE, T., V. VASSVIK y T. GJEDREM. 1977., Induction of poliploidy in salmonids by cytochalasin B . Aquaculture. 10: 65-74.
- RZEDOWSKI, J. 1986., Vegetación de México. Limusa. México. 432 pp.
- SECRETARIA DE PESCA , 1986., ¿Qué es la acuicultura?. México. 57 pp.
- SECRETARIA DE PESCA , 1988., Manual técnico para la operación de centros acuícolas productores de trucha arco iris Salmo gairdneri. Méx. 115 pp.
- SECRETARIA DE PESCA , 1988., Agenda estadística pesquera Méx. 71 pp.
- SECRETARIA DE PESCA, 1989., Diagnósis del estado actual del cultivo de la trucha arco iris de México. México. 73p.
- SCHEERER, P.D. y G. THORGAARD, H. 1983., Increased survival in salmonids hybrids by induced triploidy . Can. J. Aquat. Sci. 40: 2040-2044.

- SMITH, L.T. y H. LEMOINE. L., 1979., Colchicine induced polyploidy in brook trout . Prog. Fish. Cult. 41: 86-88.
- SOLAR, I., E. DONALDSON, M. y G. HUNTER, A. 1984., Induction of triploidy in rainbow trout (Salmo gairdneri, Richardson) by heat shock and investigation of early growth .Aquaculture. 42: 57-67.
- STEWART, K. W. y C. LEVIN B. 1968., A method of obtaining permanent dry chromosome preparations from teleost fish. J. Fish. Res. Bd. Can. 25 (5): 1091.
- TACON, A. G. T. 1985., Nutritional fish pathology; morphological signs of nutrient deficiency and toxicity in farmed fish . FAO/ ADCP/ REP/ 85/ 22. Roma. 33 pp.
- THORGAARD, G.H., M., 1986. Ploidy manipulation and performance. Aquaculture. 57: 57 - 64 .
- THORGAARD, G.H., M. JAZWIN, E. y A. STIER. R. 1981., Polyploidy induced by heat shock in the rainbow trout. Trans. Am. Fish. Soc., 110: 546-550.
- UTTER, F.M., O. JOHNSON, W., G. THORGAARD, H. y P. RABINOVITCH. S. 1983., Measurement and potential applications of induced triploidy in pacific salmon . Aquaculture. 35: 125-135.
- VEGA, T.C.E. 1988., Análisis del desarrollo de la acuicultura en México pasado, presente (1980- 1986) y futuro . Trabajo recepcional para obtener el título de profesional técnico en producción acuícola. CONALEP. Plantel El Zarco. México. 149 pp.