



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

CAMPUS IZTACALA

"DESARROLLO Y ESTADO ACTUAL DE LA TRUTICULTURA  
EN EL ESTADO DE MEXICO"

**T E S I S**

POR EXPERIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR POR EL TITULO DE

**B I O L O G O**

QUE PRESENTA:

**SERGIO AUGUSTO VALDES RUIZ**



**IZTACALA** LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MEX.

2001

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis esta 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.

## Índice.

	Página
1 Introducción	1
2 Marco Teórico Conceptual	8
3 Marco de Referencia	17
4 Desarrollo del Proceso	23
4.1 Los Peces	23
4.2 El Agua	34
4.3 La Estanquería	41
4.4 La Alimentación	51
4.5 El Manejo	59
5 Resultados	69
6 Bibliografía	108

## 1. Introducción.

### 1.1 Nombre, ubicación y giro de la institución donde se desarrollo la actividad profesional.

Tomando como principio básico que la Biología es una ciencia de amplio campo, se tendrá por consecuencia que el ámbito de desarrollo del biólogo podrá ser tan variado, como se quiera profundizar en el tema a desarrollar.

En este sentido, a continuación se describirán los aspectos relevantes desarrollados durante el ejercicio profesional del sustentante en el área de la acuicultura, dicha descripción abarca de 1987, año en que se tiene la oportunidad de acceder a una plaza de base de la **Delegación Federal de Pesca en el Estado de México (DFPEM)**, dependiente de la entonces **Secretaría de Pesca (SEPESCA)**, localizada en aquel tiempo en la calle de **Aguiles Serdán N° 203, Toluca Centro, hasta agosto de 1998**, cuando se participa en el programa de **Acuicultura Rural en el Distrito Federal**, el cual es coordinado por la **Dirección General de Acuicultura de la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)**.

Durante este periodo la mayor parte del tiempo los servicios prestados a nivel profesional, se realizaron en organismos públicos, tanto a nivel federal como estatal, en los que se marca como su principal objetivo, brindar atención y servicio al público en general interesado en desarrollar actividades relacionadas con el sector pesquero, entre los apoyos que la dependencia presta, se cuentan: la siembra gratuita de organismos, principalmente en etapas tempranas de su vida, producidos en instalaciones de la misma federación; asesoría; organización para grupos pesqueros y; capacitación para el desarrollo de las actividades inherentes al área de trabajo.

Cabe decir, que aun cuando para fines del presente trabajo se marca a la DFPEM, como el principal centro laboral donde se llevo a cabo la actividad profesional, como empleado de la misma, también a lo largo de esta reseña, se hará referencia a la experiencia adquirida como profesional independiente, contratado para participar en los programas de Acuicultura Rural, en los estados de Hidalgo, México y Distrito Federal, así como la que se obtuvo a través de desempeñar el cargo de distribuidor de alimentos balanceados para organismos acuáticos "El Pedregal Silver-Cup", entre otros.

### 1.2 Tema Central

El desarrollo del presente trabajo se centra en la acuicultura y en particular el cultivo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en el estado de México.

Dentro de este marco, las actividades llevadas a cabo a través del tiempo, por el que suscribe, se desarrollaron para cumplir los siguientes objetivos:

- *Producir alimentos ricos en proteínas.*
- *Generar recursos económicos (ventas).*
- *Generar empleos*
- *Aprovechar de manera óptima pero racional, los recursos naturales disponibles.*
- *Desarrollar programas de producción, que por un lado, puedan ser fácilmente asimilados y llevados a la práctica por los productores y que además tengan el sustento técnico - administrativo, que permita que puedan ser evaluados objetivamente, a fin de que proyectos de este genero sean considerados para ser apoyados financieramente, a través de cualquier institución de crédito.*
- *Desarrollar de manera eficiente, la profesión que honrosamente ostento.*

### **1.3. Sobre los métodos seguidos durante el desarrollo de la actividad profesional.**

Durante el proceso que comprende el desarrollo de la actividad profesional que se detalla en el presente documento, se busco siempre establecer una forma de reconocer, analizar y ofrecer la mejor respuesta de trabajo posible, en este sentido se tiene que, por lo general el traslado de una idea inicial hacia un proyecto viable es complejo y a menudo es una operación lenta que requiere un planteamiento cuidadoso para alcanzar los objetivos y evitar costosos errores. Sin embargo, como apuntan Zorrilla S. y Torres X. (1996), la clave para acercarnos a la verdad o alcanzar de manera más precisa el conocimiento, es el uso de un *método*. Este se logra con base en la relación entre nuestros pensamientos y los objetivos.

Así, en el transcurso de la actividad a la que nos dediquemos, principalmente al inicio o bien ante problemas nuevos o desconocidos, podemos darnos cuenta que el camino hacia nuestros objetivos profesionales no siempre es lineal y generalmente damos pasos adelante, pero también pasos hacia atrás, en un proceso o método de retroalimentación (Dieterich, H., 1999).

Pasado algún tiempo y al haber adquirido un poco más de experiencia llegamos a utilizar tanto el método inductivo como el deductivo, en los cuales podemos aprovechar tanto los conocimientos teóricos adquiridos en

la escuela como los empíricos, obtenidos durante nuestro desempeño laboral, respectivamente.

Sin embargo, en los dos párrafos anteriores hemos mencionado métodos que aun cuando utilizamos frecuentemente, no nos diferencian de la generalidad de los técnicos que laboran en las dependencias gubernamentales, y no dicho esto de manera despectiva, ya que incluso de la experiencia de no pocos técnicos y o piscicultores, se ha llegado al nivel técnico, que en el presente documento se pretende exponer.

En este sentido, el método científico sigue el camino de la duda sistemática y aprovecha el análisis, la síntesis, la deducción y la inducción (métodos generales), opera con conceptos, definiciones, hipótesis, variables e indicadores que son los elementos básicos que proporcionan los recursos e instrumentos intelectuales. Finalmente es factible decir que, el conocimiento científico no es definitivo, pero el método científico se encarga de perfeccionarlo.

Con base a lo anterior y en relación a la experiencia hasta la fecha adquirida, se podría asegurar que la labor del biólogo en el campo de la acuicultura esta definitivamente marcada por el uso del método científico, ya que el valor técnico del profesionista en esta área, radica en su capacidad propositiva, la cual ha de sustentarse en: el conocimiento previo de las condiciones presentes en la zona objeto del posible proyecto (antecedentes); Un análisis objetivo y preciso de dichas condiciones, que permitan establecer una idea general de la viabilidad técnica del lugar en cuestión, o en caso contrario, de las razones por las que ha de desecharse tal idea; y finalmente, la propuesta definitiva en cuanto a materiales, métodos y tamaño de los proyectos.

#### **1.4 Aspectos generales de la importancia y trascendencia del presente trabajo.**

A partir de lo anteriormente marcado, se desprenden dos aspectos que se consideran importantes y que sobresalen del análisis de la experiencia profesional desarrollada, uno se refiere al desarrollo de la actividad en sí, en este caso la acuicultura y por otra parte el desarrollo profesional del biólogo dentro de la actividad antes citada.

En el caso de la acuicultura como actividad productiva del hombre, representa actualmente un avance en la cultura y perspectiva de desarrollo de múltiples comunidades, permitiendo la generación de alimentos, empleos y derivado de esto, de una derrama económica dentro de un contexto de sustentabilidad y sostenibilidad.

Sin embargo la acuicultura por si misma no es la panacea que resolverá todos los problemas, pero integrada en un marco de desarrollo holístico, contribuirá de manera proporcional al logro de los objetivos y metas de desarrollo, por lo que se presenta actualmente como una actividad con potencial para el progreso de comunidades y profesionistas interesados en el tema.

En el desarrollo profesional del biólogo, la acuicultura ha sido el tema central para el desarrollo de una gran cantidad de proyectos productivos y programas de investigación, que involucran aspectos biológicos, sanitarios, tecnológicos y económico administrativos, entre otros.

De igual manera, el desarrollo de esta actividad permite al profesionista interactuar, convivir y aprender de las mujeres y hombres del campo, así como con técnicos y profesionistas relacionados con múltiples y variadas actividades, con quienes se trabaja de manera conjunta para el adecuado seguimiento de los programas de trabajo establecidos. Así, de esta manera se logra establecer un equipo o grupo multidisciplinario, que en su momento permite al profesionista encontrar mejores opciones de trabajo o nuevas alternativas de desarrollo.

En este sentido, es factible establecer que un biólogo puede encontrar dentro de la acuicultura, una oportunidad de desarrollo tanto profesional como a nivel económico y personal, a escalas a las que el mismo profesionista quiera llegar, dependiendo del grado en que se involucre dentro de esta actividad, la cual puede llevarse a cabo no solo en el sector oficial ya que el desarrollo de la acuicultura permite involucrarse con empresarios del sector privado o aun incluso, desarrollarse como empresario autónomo.

Finalmente, cabe decir que aun cuando los conocimientos adquiridos durante mi formación como biólogo, me permitieron, luego de enfrentar en examen de oposición a técnicos, médicos veterinarios y biólogos de otras instituciones, ingresar a la institución en que inicie mi desarrollo profesional y posteriormente llevarla a cabo de manera eficiente, se considera necesario reforzar (si es que no se ha realizado ya), los programas de estudio con materias de tipo técnico administrativas, que permitan adquirir la capacidad de formular y evaluar, técnica pero también administrativa y contablemente proyectos de inversión, elaborar presupuestos y desarrollar modelos y o programas computacionales que describan el comportamiento de sistemas productivos bajo condiciones diversas, entre otras.

### **1.5 Dificultades y o limitaciones que se han presentado durante el desarrollo de la actividad profesional.**

La reciente evolución de la acuicultura como actividad económica, ha enfrentado problemas de diversa índole, derivados fundamentalmente de factores de orden institucional y de formas de organización de la producción, que se han mostrado poco funcionales para la integración de recursos de capital, técnicos, humanos y naturales para el desarrollo de proyectos (SEPESCA, 1989).

Desde el punto de vista productivo, se reconoce que se siguen dos estrategias en el cultivo de la trucha arco iris en unidades de producción: de autoconsumo y la llamada comercial o industrial. Presentando como principales diferencias entre ambas, el nivel tecnológico que manejan, el destino final que se da al producto y los recursos financieros disponibles (SEPESCA, 1989).

Con relación a la primera de las líneas estratégicas de producción mencionadas, diremos que a pesar de la importancia creciente del cultivo de la trucha arco iris y de los esfuerzos del gobierno por introducir su manejo en las zonas de potencial desarrollo, se han presentado problemas casi en forma permanente, teniendo como a una de sus principales fuentes de origen, el hecho de que en su gran mayoría los productores están constituidos por trabajadores del campo de escasos recursos y baja preparación (casi siempre agricultores de subsistencia), quienes llevan a cabo esta actividad con fines de autoconsumo y complementaria al conjunto de actividades productivas del medio rural.

Esta nula o baja cultura productiva acuícola de la población rural, dificulta la integración de esta actividad en su entorno económico y social, observándose deficiencias específicas en aspectos tales como:

- Organización social para la producción
- Gestión administrativa
- Infraestructura y equipamiento para el trabajo y la comercialización
- Abastecimiento de crías
- Asimilación tecnológica
- Medios técnicos y materiales para presentar el producto con un valor agregado

(SEPESCA, 1989).



En lo que se refiere al sistema de producción comercial o industrial, este presenta mayores exigencias técnicas, organizativas y de capital y establece una mayor interacción con otras ramas económicas. Dado su desarrollo relativamente reciente, su problemática central se refiere a su vez, a la necesidad de establecer progresivamente, los diversos apoyos que den base a su crecimiento y consolidación.

Dentro de los principales problemas que afectan el desarrollo de esta modalidad productiva, se tienen los siguientes:

- Limitada cultura productiva acuícola tanto del sector social, como de los inversionistas privados, lo cual aunado a una falta de canales eficaces para transferir información y tecnología, limitan el acceso a los recursos financieros necesarios para la activación o ampliación de los proyectos
- Desarticulación de la cadena productiva, expresada en las insuficiencias y deficiencias en los insumos y equipos y en los procesos de industrialización y comercialización
- Necesidad de un marco normativo específico para la acuicultura que de soporte a esa actividad. Adicionalmente se deberán emprender acciones de simplificación administrativa a fin de disminuir y agilizar los múltiples trámites que deben realizar los productores durante la gestiones correspondientes

(SEPECSA, 1990).

Aunado a lo anterior y derivado de la experiencia desarrollada, se consideran como una problemática que se presenta a nivel general en el desarrollo de la truiticultura, los siguientes aspectos:

- La disponibilidad del recurso agua y en su caso los derechos legales para su uso
- La asistencia técnica que se proporciona, ya que no siempre se proporciona con la continuidad ni con la especificidad necesaria.
- El nulo acceso a recursos financieros para su desarrollo ya que la banca de desarrollo y comercial desconocen los aspectos técnicos e indicadores productivos del cultivo.
- La comercialización del producto

## 1.6 Partes en que se divide el presente trabajo.

A lo largo del presente texto, se tratara de describir de manera breve pero lo más descriptiva y lógica posible, el conocimiento y experiencia desarrollada en materia de acuicultura, en particular en el cultivo de la trucha arco iris.

Así, el proyecto se presenta bajo un esquema sencillo, siguiendo la estructura sugerida en el manual para el desarrollo de proyectos de tesis por experiencia profesional de la ENEP IZTACALA, siendo sus principales componentes:

1. **La introducción**, en la que se marcan de manera general los aspectos importantes de la experiencia profesional desarrollada por el sustentante.
2. **Un marco teórico conceptual**, en el que se hace referencia a las ideas y conceptos que normaron el desarrollo del proceso.
3. **El marco de referencia**, que nos ubica en el momento espacio - temporal, en el que se desarrollan los hechos.
4. **El desarrollo del proceso**, en el que se describirá la evolución y en su caso, la participación del que suscribe.
5. **Resultados**, en este punto se marcarán los aspectos que se consideran más destacados o relevantes de la experiencia profesional adquirida durante el periodo que comprende la presente exposición.

## 2. Marco Teórico o Conceptual.

Durante el siglo que esta a punto de terminar nuestro planeta y la vida del hombre en particular, han evidenciado una serie de problemas ocasionados por el hombre mismo desde su aparición como especie, de estos, los ecológicos -degradación del medio ambiente, extinción repentina de especies, entre otros- y los relacionados con la generación de alimentos para mantener a una población creciente, son los que podemos marcar como los más apremiantes de resolver en el corto plazo.

Afortunadamente, en los últimos años han tenido lugar cambios significativos - y favorables - en el interés concedido por los medios de comunicación a los asuntos relativos al medio ambiente, hasta el extremo de que los términos *ecología* y *conservación* se han hecho familiares, incluso a pesar de que con frecuencia son comprendidos parcialmente (Bennet y Humpries, 1981), así la labor del biólogo ha sido revalorada, al grado que podemos encontrar biólogos ocupando altos puestos, incluso como secretarios de estado, o como la parte principal de la fuerza laboral o productiva de algunas áreas determinadas. Tal es el caso de los aspectos productivos incluidos en el área del quehacer humano denominado "pesca".

Una de las ramas que se abren dentro del área de la pesca es la acuicultura, y su desarrollo marca hoy en día un cambio semejante al que produjo, en términos de abasto de alimentos, la transición de la recolección a la agricultura.

En resumen, la pesca puede ser comparada con la recolección, de la misma manera que la acuicultura lo puede ser con la agricultura. En la recolección, el abasto alimenticio está limitado por la naturaleza en términos geográficos y temporales y conlleva el riesgo de ocasionar desajustes ecológicos, lo mismo que sucede con la pesca. La agricultura en cambio, al igual que la ganadería y la acuicultura, permiten ejercer un control efectivo en todas las fases de la producción de alimentos, posibilitando el abasto masivo de productos alimenticios y la renovación de los recursos naturales (FONDEPESCA, 1988).

En este marco, al igual que la agricultura o la ganadería, por citar algunas otras áreas de la actividad productiva del hombre, la pesca presenta diversos aspectos en los que un biólogo puede encontrar campo para su desarrollo, y en la que poco a poco a ido ganando espacios laborales, frente a profesionistas de otras carreras.

Y es en esta rama en la que se ha vertido la experiencia y conocimiento de muchos y reconocidos biólogos, los cuales han desarrollado

**"biotecnologías"** que han permitido el establecimiento y/o el desarrollo de especies acuícolas de importancia alimenticia o comercial en nuestro país.

Así, sintetizando de varios y reconocidos autores podemos definir a la acuicultura como:

*"La biotecnología para el cultivo de especies acuáticas bajo condiciones controladas y responsables con respecto al medio ambiente, cuyo principal fin es la producción de una cantidad tan grande como sea posible de organismos para el consumo humano, la recreación, ornato o el repoblamiento de sistemas naturales, y se constituye actualmente como una alternativa real de desarrollo para las comunidades que cuentan con el recurso "agua", en la cantidad y calidad requerida por especie".*

En México podemos encontrar vestigios de prácticas, que actualmente podríamos llamar de "acuicultura" desde tiempos de los aztecas, cuando estos desarrollaron sus cultivos en las llamadas chinampas, para aprovechar las condiciones de su medio y obtener así los artículos básicos para su alimentación.

Durante la colonia, destacan las propuestas hechas por J. Antonio Alzate, en las que propone organizarse para aprovechar los vasos de Chalco y Texcoco para la cría de peces y así abastecer de este producto a la ciudad de México (FONDEPESCA, 1985).

Para la segunda mitad del siglo XIX se crea el Ministerio de Fomento Colonización y Comercio, que entre las diversas atribuciones que se le conferían, estaba la del desarrollo de la pesca y dentro de esta la de promover la participación decidida en el ramo de la piscicultura. Aquí entra en el escenario la figura de Don Esteban Cházari, quien el 23 de abril de 1883 publica su obra intitulada "Ideas sobre la importancia de impulsar vigorosamente la piscicultura y la acuicultura en el país". En el que, entre otras cosas, comentaba el hecho de que el número de peces disminuía y que los recursos naturales importantes no bastaban para poblar las aguas reponiendo el consumo, por lo que los encargados de velar por el bien público deben cubrir ese déficit mediante el fomento del cultivo de peces (FONDEPESCA, 1985).

Para tal fin propone una serie de recomendaciones y sugerencias, entre las que destacan: **la asignación de la acuicultura y la piscicultura como estudio indispensable anexo a la carrera agrícola;** el otorgamiento de subvenciones a los piscicultores para la organización de laboratorios y creación de viveros bajo las condiciones de la ciencia; la concesión de

premios por la aclimatación de especies extranjeras, por la invención o perfeccionamiento de aparatos o útiles piscícolas o procedimientos para obtener la fecundación y propagación artificiales (FONDEPESCA, 1985).

Estas ideas abrieron una esperanza en el panorama alimenticio nacional y propiciaron que el gobierno acogiera con interés sus teorías, por lo que la Secretaría de Fomento, en oficio fechado el 4 de mayo de 1883, comisiona a Cházari para que escriba un tratado sobre piscicultura. Un año después, sale a la luz la primera edición de "Piscicultura en agua dulce", en la que establece la importancia de la acuicultura en los siguientes términos:

"...El cultivo de peces no se relaciona con los demás trabajos comunes, sino para beneficiarlos; no se necesita de ellos para subsistir, ni le estorba su marcha, porque vive exclusivamente de lo que esta abandonado, de lo improductivo, sólo del agua, sin gastarle una gota, sin privarla de su utilidad en la agricultura o en la industria mecánica; la mejora depurándola de microbios y corpúsculos que frecuentemente dañan; es un recurso nuevo, provechoso por sus frutos buenos, abundantes, muy útiles y baratos; es el trabajo más eficaz para subvenir con abundancia a las exigencias del presente y a las probables de nuestra vida futura".

Actualmente la acuicultura ocupa ya un renglón significativo en la producción pesquera nacional y representa una importante alternativa para ampliar la oferta alimentaria del país, estimular el desarrollo regional y la captación de divisas, a través del uso óptimo pero racional del recurso máspreciado actualmente, que es el agua..

De hecho, en México existe un gran potencial en el área acuícola lo cual ha despertado gran interés por parte de empresarios y gobierno, el cual con el apoyo a las reformas a la Ley de Pesca (1991) y al artículo 27 constitucional (1992), pretende atraer capitales extranjeros y estimular a los nacionales, para que el país sea un fuerte productor y exportador de algunas especies de importancia económica (Meléndez, 1996).

En referencia a lo anterior, y de acuerdo a la disponibilidad de recursos económicos y de capacitación técnica para el aprovechamiento de los recursos en cuestión, la acuicultura se desarrolla a través de alguna de las tres modalidades siguientes:

a) *Acuicultura de Repoblamiento o Extensiva.*

b) *Acuicultura Rural o Semi-intensiva.*

### c) Acuicultura de Alto Rendimiento o Intensiva.

(SEPESCA, 1990)

De manera general tenemos que, la acuicultura de repoblamiento se realiza en grandes cuerpos de agua embalsada, naturales o contruidos para otros fines, en los cuales se liberan organismos en fases primarias de su desarrollo, para posteriormente ser capturadas por pescadores ribereños. En esta modalidad los requerimientos de inversión son mínimos y por lo general, no se aplican insumos como alimentos o fertilizantes, asimismo el grado de calificación de la mano de obra es elemental.

Por su parte, la acuicultura rural se realiza en pequeños cuerpos de agua permanentes o temporales, los cuales son aprovechados por la población campesina para distintos fines agrícolas y o pecuarios, integrando por lo tanto diversas actividades con fines principalmente de autoconsumo. En esta modalidad se realiza un reciclado de materia y energía, por lo cual se requiere de cierto conocimiento e inversión.

En el caso de la acuicultura de alto rendimiento, esta se realiza en instalaciones específicamente diseñadas para este propósito. Utiliza tecnología avanzada para producciones a gran escala y para cultivar especies de alto valor comercial. Además requiere de recursos humanos altamente calificados, mayores montos de inversión y controles más estrictos sobre el desarrollo de los organismos y su medio de vida.

Por otra parte, la acuicultura independientemente de la modalidad productiva de que se trate, desarrolla líneas de producción de acuerdo al grupo de organismos que pretende producir, así, una línea que se ha desarrollado enormemente gracias a su importancia comercial es la salmonicultura, dentro de la cual se incluye el cultivo de la trucha, de la que se conocen varias especies de importancia económica como; la trucha de mar; la asalmonada; la trucha común de río y la trucha arco iris (SEPESCA, 1985), además de tenerse reportes de la existencia de una especie más: la trucha dorada *Salmo chrisogaster*, nativa de nuestro país y en peligro de extinción, la cual se localiza en arroyos de los estados de Chihuahua y Sinaloa y no ha sido utilizada en cultivos (Guevara, 1999).

La familia Salmonidae presenta varios géneros, entre los cuales se encuentra *Oncorhynchus* (anteriormente *Salmo*), al cual pertenece la trucha arco iris y que se caracteriza por presentar un cuerpo alargado-rolizo, que puede llegar a medir 100 cm. de largo y pesar hasta 4.0 Kgs.; presentan dos aletas dorsales, la anterior tiene de cuatro a diez radios, mientras que la posterior es pequeña y adiposa; la aleta anal presenta de tres a diez radios; las

pectorales de uno a diez y las pélvicas de uno a ocho. La piel presenta numerosos y pequeños puntos negros; sobre los flancos presentan una banda rosada de reflejos irisados, la que se acentúa en el macho durante la época de reproducción y por la cual reciben el nombre común de trucha arco iris (Guevara, 1999).

La posición taxonómica de la trucha arco iris es la que se describe a continuación.

Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Superclase	Pisces
Clase	Osteichthyes
Subclase	Actinopterygii
Superorden	Teleostei
Orden	Salmoniforme
Suborden	Salmonoidei
Familia	Salmonidae
Género	<i>Oncorhynchus</i>
Especie	<i>mykiss</i>
Nombre científico	<i>Oncorhynchus mikiss</i> , Walbaum 1792
Nombre común	Trucha arco iris

(Aguilera y Noriega, 1988; Espinosa et.al., 1993)

De manera adicional podemos decir, que la selección genética de esta especie ha permitido su amplia difusión como un organismo adecuado para la piscicultura, dadas sus características favorables en términos de tasa de crecimiento y de su eficiencia en la conversión alimenticia.

Así mismo su docilidad le permite ser domesticada fácilmente y aceptar alimentos elaborados artificialmente. Son peces relativamente resistentes a la mayoría de las enfermedades, tolerándolas bajo condiciones de cultivo (SEPECSA, 1986).

La trucha arco iris es una especie dulceacuícola que se cultiva en muchos lugares de nuestro país, dada su gran importancia comercial, debido a la alta calidad de sus productos y a la atractiva rentabilidad que proporcionan.

Este hecho ha generado un gran interés por esta actividad, cuyo desarrollo sistemático se inicio a partir de 1977 con la creación de la Delegación Federal de Pesca en el Estado de México, implementándose los primeros

planes de desarrollo tendientes a lograr un aprovechamiento adecuado de los recursos hidrológicos existentes.

En general, la mayoría de las unidades de producción registradas tienen como su principal producto a la trucha como pescado para mesa, sin embargo algunas tienen como principal objetivo la producción de Huevo oculado y/o crías, siendo este el caso principalmente, de los centros acuícolas del gobierno federal o estatal.

Hablando a nivel productivo, se tiene que bajo el sistema extensivo de producción no opera ninguna granja, realizándose labores de extensionismo en grandes embalses o corrientes naturales, por parte del gobierno; A nivel semi-intensivo e Intensivo, se tendría el caso de los cultivos en estanquería rústica o en canales de corriente rápida.

De esta manera y gracias al apoyo oficial que se obtuvo durante la década de los 80s, la actividad se desarrollo al grado de que para los últimos años de esa década, se contaba ya con alrededor de 50 granjas trutícolas operando en la entidad, que representaban alrededor de 3.5 Has. dedicadas al cultivo, para 1994 se tenían registradas 123 unidades de producción en 26 municipios, destacando los de Amanalco de Becerra con 28 y Valle de Bravo con 14 granjas (Delegación Federal de la SEMARNAP en el Edo. de México y Dirección Estatal de Acuacultura, 1996).

En la tabla 1, se pueden observar los indicadores básicos de las granjas trutícolas en el Estado de México para 1997.

Tabla 1

<b>Distrito Agropecuario</b>	<b>Número de Granjas</b>	<b>Número de Estanques</b>	<b>Superficie Inundada (Has)</b>	<b>Capacidad Instalada (Tons)</b>
I Toluca	37	385	2.827	161.5
II Zumpango	28	233	1.132	195.0
III Texcoco	2	7	0.032	3.8
IV Tejupilco	13	139	0.680	93.9
V Atlacomulco	4	18	0.064	17.1
VI Coatepec Harinas	17	162	0.221	140.0
VII Valle de Bravo	90	701	5.602	587.6
VIII Jilotepec	6	34	0.17	11.9
<b>Totales</b>	<b>197</b>	<b>1679</b>	<b>10.728</b>	<b>1210.8</b>



En el último reporte obtenido, correspondiente a 1997 (SEMARNAP, 1998), se contabilizaban ya un total de 197 unidades de producción en 87 comunidades pertenecientes a 28 municipios, destacando nuevamente el de Amanalco de Becerra con 58.

Por el tipo de instalaciones en que se cultiva la trucha en el país, podemos diferenciar tres modalidades que son:

a) Estanquería rústica, la cual representa aproximadamente un 83% de los sistemas de cultivo ; b) Canales de corriente rápida (race ways), los cuales representan un 12% de las unidades y ; c) Jaulas flotantes, con un 5% del total de las unidades.

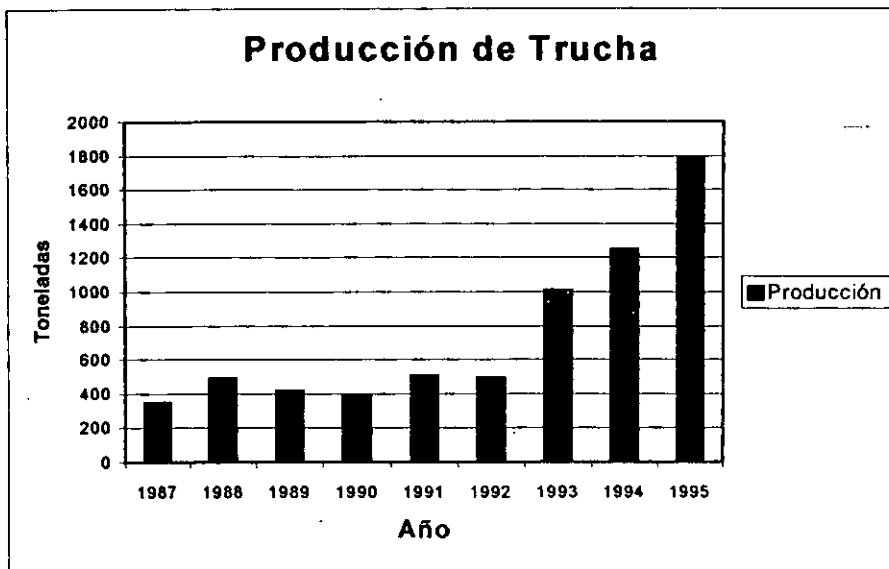
Sin embargo, en el Estado de México solo se practica a través de las dos primeras, predominando las pequeñas granjas con estanquería rústica, en la que los propios dueños o personas asignadas por los consejos ejidales, aportan el trabajo.

Por otra parte, se presentan las granjas que cuentan con sistemas de producción más intensivos, presentándose como empresas formales, a partir de las cuales se generan empleos y en conjunto son las responsables de la mayor parte de la producción registrada.

En este sentido (Portilla, 2000), menciona que las granjas con estanquería rústica logran producciones que oscilan entre los 500 Kg y 20 toneladas anuales, con ingresos bajos pero igualmente, con bajos costos de operación. En tanto que las granjas de producción intensiva, presentan producciones del orden de 30 a 250 toneladas por año.

Un aspecto importante relacionado con lo anterior, es la cantidad de carne producida por metro cuadrado o por metro cúbico, que es un aspecto muy interesante ya que aun cuando la densidad de carga varia dependiendo de varios factores, como se vera más adelante, el cultivo de la trucha es tal vez el más productivo por unidad de área o volumen, llegando a manejarse densidades de hasta 15.0 kgs. por metro en estanquería rústica, o hasta 70.0 kgs. por metro en canales de corriente rápida, mientras que en cultivos en jaulas se tienen registros de hasta 20.0 kgs. por metro cúbico.

En la siguiente gráfica , se marca como se ha incrementado la producción de trucha en el Estado de México durante el período 1987 - 1995.



SEMARNAP, 1998

Por otra parte, en este momento podemos decir que el éxito de la truticultura en nuestro país y particularmente en el Estado de México, se basa principalmente en el hecho de que desde sus inicios, en la región se ha contado con al menos cuatro marcas diferentes de alimento balanceado con líneas de producción específicas para el cultivo de trucha, todas ellas de prestigio y con altos niveles de calidad en sus productos, lo cual está demostrado al reportarse conversiones alimenticias, que van del 1.2 : 1 al 1.9 : 1 , además de tener una menor incidencia de enfermedades por exceso o deficiencia de elementos nutricionales básicos.

De manera similar al punto anterior, podemos inferir que la biotecnología de cultivo a nivel estatal, se practica de una manera muy aceptable, para lo cual, la participación del gobierno federal y estatal, de instituciones educativas como algunas de las Universidades del país y el Conalep, en particular, que se han dado a la tarea de organizar y capacitar a todos los que en su momento se aventuraron a participar en una actividad prácticamente desconocida para ellos, recordemos que el campesino mexicano es básicamente agricultor, pero que al paso del tiempo ha mostrado las bondades tanto de la especie en cultivo, como la gran capacidad de los técnicos y productores de trucha nacionales.

No obstante y como se marca al inicio de este documento, la actualización y capacitación, constante y permanente, serán el sustento para que la truiticultura siga desarrollándose de manera constante y segura.

Uno de los principales problemas que enfrenta la truiticultura, es el abastecimiento de agua, que es cada vez más escasa y su uso se concesiona cada vez más al prioritario uso por parte de los crecientes asentamientos humanos, lo que limita el recurso de manera tal que en su mayoría las granjas cuentan con el agua apenas suficiente para mantener una producción, que proporcione trabajo e ingresos suficientes a la o las familias que conforman la organización productora, limitando total o casi totalmente la posibilidad de pagar por concepto de asesoría y mucho menos por el manejo de sus unidades, por parte de técnicos más especializados. Esta posibilidad se da más bien en las unidades de producción en canales de corriente rápida, en las que se obtengan producciones mínimas de 20 toneladas anuales.

En lo que respecta a la sanidad, en los últimos años los esfuerzos más grandes se han realizado en relación a este punto, ya que anteriormente no se contaba con los servicios de centros especializados de detección de enfermedades, como con los que se cuenta actualmente y que permiten asegurar dentro de los límites permisibles, el éxito de las producciones comerciales y mantener la calidad de los sistemas ecológicos de los lugares donde se ubican estos centros de trabajo.

A partir de lo anterior es fácil observar la importancia que representa el Estado de México en lo que se refiere a la producción de trucha

### 3. MARCO DE REFERENCIA

#### EL ESTADO DE MÉXICO EN LA ACTIVIDAD TRUTÍCOLA

El cultivo de la trucha en México es una importante actividad económica para numerosas regiones, la cual ha crecido no solo por iniciativa de algunos particulares, sino que en buena parte, ha sido promovida e inducida por el gobierno federal y los estatales, como una fuente alterna de empleo para la gente que habita las zonas forestales de nuestro país, a las que de esta manera se les presenta una opción diferente de desarrollo, en contraposición a las prácticas de tala clandestina, particularmente en los estados de México y Michoacán (Portilla, 2000).

Hasta antes de 1977 esta actividad fue atendida por diferentes dependencias oficiales, cuyos trabajos en forma aislada se concretaban a siembras de tipo extensivo en embalses permanentes, pero a partir del año antes citado, el desarrollo sistemático de esta actividad se inicia cuando son puestas en operación las oficinas de la Delegación Federal de Pesca en la entidad.

A manera de antecedente se puede decir que la truticultura se comenzó a desarrollar en esta Entidad Federativa, como en otras, sin un plan adecuado basado en una información sistemática y objetiva que nos permitiera determinar el tamaño y la ubicación adecuada de las granjas, por otra parte, se carecía de una normatividad adecuada (aún actualmente existen muchas deficiencias) que asegurara la calidad sanitaria del medio de cultivo y de la trucha misma, además de la adecuada disposición de las aguas residuales y de los desechos sólidos de las granjas (De la Garza, 1997).

Así, los primeros truticultores iniciaron sus actividades con cultivos en los que se manejaban bajas densidades de organismos y contando, sobre todo, con agua de muy buena calidad y en volúmenes importantes.

Con el crecimiento en infraestructura y en el número de granjas, así como en la intensificación de los cultivos, los volúmenes de agua disponibles por granja se fueron utilizando con una intensidad cada vez mayor, lo cual determinó que las unidades de producción ya no contarán con agua de tan buena calidad, este hecho obligo a que las nuevas granjas que se iban estableciendo ya no la tomaran directamente del manantial, sino que tenían que utilizar el agua "rodada" de la granja de arriba, llegándose a tener "colgadas" del mismo caudal de agua hasta seis granjas o más, lo cual implica que el agua que se utiliza sea cada vez de menor calidad, siendo esto ya un factor que limita el potencial productivo y facilita la instalación de agentes patógenos oportunistas, corriendo el riesgo de que no solo la

calidad físico-química del agua se vea mermada, sino que la biológica también, esto es que amén de que la calidad del agua previamente utilizada en otra granja sea menor, esta ya lleve probablemente además una carga patógena implícita.

Por otra parte, en las granjas que su ubicación lo permitía, se empezó a utilizar el agua de río como complemento al caudal de agua de manantial, fuentes alternas que en muchos casos llevaban las aguas con que se habían lavado los estanques de granjas arriba, ya que entonces no se realizaba ningún tipo de práctica que permitiera devolver el agua usada con un tratamiento previo que asegurara cuando menos una menor carga de partículas en suspensión (aún actualmente muchas de las instalaciones piscícolas no cuentan con sus respectivos sedimentadores), por lo que en estas granjas se utilizaban aguas con una gran carga de materia orgánica.

Si a lo anterior se suman, por una parte las partículas en suspensión provenientes de prácticas de pesca con implementos artesanales, realizadas en los causes naturales y que provocan dicha suspensión al remover los sedimentos del fondo normalmente asentados y que por otro lado el problema se ve acentuado durante la época de lluvias, cuando los escurrimientos arrastran entre otras cosas, los excedentes de productos agrícolas y los deslaves de los suelos erosionados, presentándose entonces condiciones que poco a poco van degenerando el medio de desarrollo de los cultivos de trucha.

En este punto será importante señalar que a la fecha no se han realizado los estudios necesarios para determinar cual sería la distancia mínima adecuada entre granja y granja, que permitiera a través del rodamiento del agua, el reconstituir las condiciones originales que se presentaban previo a su uso en el cultivo.

Aunado a los problemas sanitarios y de contaminación del medio, otro problema que se derivó de la falta de información técnica sistemática (análisis y monitoreos periódicos), fue el desarrollo de proyectos mal planeados, en los que la productividad obtenida no reditúo las elevadas inversiones realizadas y mucho menos atender las necesidades de los numerosos grupos de trabajo que se formaron en torno al proyecto.

Por su parte y durante este período, las instituciones de educación superior en el país, que ofrecían las licenciaturas de M. V. Z. o Biólogo, no incluían dentro de sus programas académicos materias como piscicultura o acuicultura, mucho menos materias específicas como sanidad acuícola, es más, salvo honrosas excepciones, en toda la carrera de M.V.Z. o Biólogo ( por mencionar las más afines al tema) no se impartía ni siquiera una clase en que se abarcaran dichos tópicos (De la Garza, 1997).

Esto es en forma breve una reseña histórica que nos lleva a la situación actual de la ubicación de las granjas, el uso de los caudales de agua de alimentación, la disposición de las aguas residuales y de los desechos sólidos, todos ellos factores que inciden de una u otra forma en la sanidad y productividad de las mismas.

Paralelo a dicho crecimiento ¿ que sucedía con el desarrollo del conocimiento tecnológico de manejo, producción y control sanitario de las granjas ? muy poco, ya que hasta ese momento en las instituciones de educación superior del país no se contemplaba el estudio del cultivo de peces, mucho menos de sus enfermedades, por lo cual en el campo se iba aprendiendo sobre la marcha y bajo el método de ensayo y error, transmitiéndose las experiencias en forma verbal y local, sobra decir que no se llevaban a cabo monitoreos y por lo tanto no se contaba con registros escritos del comportamiento estacional de la calidad y fluctuaciones del flujo de agua, ni del desarrollo de los peces o de las enfermedades detectadas, de los tratamientos aplicados, ni de sus resultados. De hecho actualmente son contadas las granjas que registran esta información adecuadamente.

Con la creación de la Delegación Federal de Pesca en el Estado de México (1977), se implementaron planes tendientes a lograr un aprovechamiento adecuado de los recursos hidrológicos existentes. Pero es a partir de 1982, cuando la actividad pesquera en el estado de México fue considerada como prioritaria, fortaleciéndose el apoyo oficial en 1983 (Guevara, 1999), con la creación de la Dirección Estatal de Pesca dependiente en ese entonces de la Secretaría de Desarrollo Económico, misma que al pasar a formar parte de la Protectora e Industrializadora de Bosques (PROTINBOS), determino la implementación del programa ACUIMEX (1986-1990). Actualmente la Dirección de Acuicultura del Gobierno del Estado de México, forma parte de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO).

Para 1985, como parte de los programas de descentralización del gobierno federal, el Centro Acuícola "El Zarco" es transferido de la Dirección General de Acuicultura de la Secretaría de Pesca, a la Delegación Federal de Pesca del Estado de México, la cual a partir de esa fecha y hasta la actualidad, se hace responsable de su operación (SEPESCA, 1985).

Es en agosto de 1987 que se celebra en la ciudad de México la Reunión Nacional de Normatividad para la Operación Acuícola, organizada por la Secretaría de Pesca y el Instituto Nacional de la Administración Pública, a la cual asisten 55 especialistas, de la Secretaría de Pesca, universidades y empresas del sector privado.

En dicha reunión se logró entre otros, la elaboración del **manual técnico para el cultivo de la trucha**, así como los manuales de Ingeniería para la Acuicultura y de Sanidad y Nutrición Acuícola, y se publican los "Lineamientos Normativos para Sanidad y Nutrición Acuícola en México", en los que se presenta el planteamiento relativo a los aspectos legales, haciendo hincapié en la urgente necesidad de que el país cuente con instrumentos legales adecuados para evitar la aparición, dispersión e introducción de enfermedades, así como para observar los requerimientos de calidad necesarios en la fabricación y uso de alimentos para los organismos acuáticos en cultivo, así como de los productos pesqueros para consumo humano.

Ya para entonces los productores más avanzados, se preocuparon por auxiliarse con los conocimientos técnicos y científicos que sobre la materia se generaban tanto en el país como en el extranjero. Mientras que algunas instituciones de educación superior del país empezaron a interesarse en la actividad y a incluir como materias optativas en sus planes de estudio, las relacionadas con la acuicultura.

Por su parte las autoridades del Ramo, Departamento de Pesca, Secretaría de Pesca y ahora SEMARNAP, apoyaban a sus cuadros técnicos responsables de brindar asesoría a los productores, en los conocimientos que se iban generando en los centros de educación superior y en los emanados del propio centro acuícola "El Zarco", donde se comenzó a formar una pequeña unidad de diagnóstico o laboratorio de patología de peces a cargo de la Biol. Amalia Armijo, que sin embargo por cuestiones presupuestales y de personal estuvo muy limitado, pero sirvió para que instituciones como la UNAM enviaran a sus tesis a desarrollar trabajos de investigación aplicada.

A partir de este momento, a la mitad de la década de los 80s, la truticultura en el Estado de México comienza su acelerado desarrollo, contando ya para ese entonces, con 43 granjas registradas (SEPESCA, 1989).

Dentro de los aspectos que se consideran importantes para el establecimiento y evolución de la truticultura en la entidad, esta el de contar desde mediados de la década de los ochenta, con dos centros acuícolas productores de crías de trucha arco iris, los cuales son:

- El Centro Acuícola "El Zarco", ubicado en el municipio de Ocoyoacac México.
- El Centro Acuícola de Calimaya, ubicado en el municipio del mismo nombre.

Un aspecto más que se considera fue determinante para el éxito de este cultivo, fue el desarrollo y expansión del mercado de alimentos balanceados ya que una de las áreas de mayor importancia para el óptimo desarrollo de la acuicultura, es la nutrición adecuada de los organismos sujetos a cultivo, esto considerando que en los sistemas de producción intensiva como en los de nivel semi-intensivo, la mayor parte de los costos de producción son absorbidos por los recursos destinados al consumo de alimento artificial.

Con relación a este punto, mencionaremos que para 1986 al menos cuatro diferentes marcas de alimento balanceado para trucha se encontraban en el mercado, siendo estas: ALBAMEX ; PURINA ; ACEITERA LA TAPATÍA y ; EL PEDREGAL.

En este sentido, se puede considerar al Estado de México en posición privilegiada ya que no solo era una plaza en la que se podían encontrar todas las marcas, sino que además, aquí se encuentra la fábrica de alimentos EL PEDREGAL, la cual ha contribuido al desarrollo de la acuicultura a nivel nacional, al convertirse en la única empresa mexicana especializada en la producción de alimentos balanceados para uso acuícola, además de haber organizado al inicio de los 90, los dos primeros congresos de truticultores a nivel nacional.

Cabe mencionar que ambos se realizaron en la ciudad de Toluca y en ellos se intento reunir a todos los productores de trucha del país, con diversos objetivos, entre los cuales se pueden mencionar:

1. Difundir los conocimientos técnicos más importantes y actualizados hasta ese momento, a través del Dr. George W. Klontz, el cual dirigió las conferencias impartidas en las dos ocasiones.
2. Permitir el acercamiento y contacto de los productores de trucha, de la diversas regiones del país, a fin de poder intercambiar la información tecnológica disponible y favorecer la comercialización de sus producciones de trucha.
3. Intentar la formación de la asociación nacional de trucheros.

Aunado a lo anterior, también podemos mencionar, que a través de esta empresa, los productores de trucha han podido establecer líneas continuas de producción, al disponer de huevo oculado o cría de trucha durante cualquier época del año, al ser ellos uno de los primeros y más importantes importadores de aionomorfos de esta especie.

De igual importancia y trascendencia para el desarrollo de la truticultura, no solo en el estado, sino a nivel nacional, han sido los dos Foros Nacionales de



Truticultura, realizados en el Centro Acuícola "El Zarco", en los años de 1993 y 1997.

En ambos se ha contado para su organización, con la destacada participación de la Dirección General de Acuicultura y para el primero de los foros, de la Delegación Federal de Pesca del estado, correspondiendo a la Delegación Federal de la SEMARNAP en la entidad, participar en la organización del segundo evento. En este último, no se puede dejar de mencionar el invaluable apoyo brindado por la empresa PURINA, la cual fue la encargada de editar las "Memorias del II Foro Nacional de Truticultores", celebrado del 16 al 17 de octubre de 1997. En el que se plasman los aspectos tratados por importantes personalidades de la acuicultura a nivel nacional, en las diferentes mesas de trabajo instrumentadas en dicho evento.

Finalmente, dentro de los sucesos importantes que se efectuaron durante el desarrollo de mi labor profesional, esta el que se refiere a la participación en la realización del ensayo practico para la evaluación de los diferentes alimentos para trucha que se expendían, para el año de 1997, en la entidad. Dicho ensayo se realizo simultáneamente en diferentes granjas del municipio de Amanalco de Becerra y el cual estuvo patrocinado por los diferentes representantes de las empresas productoras de los alimentos, y coordinado por los dueños de las granjas en que se realizaron las pruebas y productores de la región en general.

#### 4. DESARROLLO DEL PROCESO.

Como ya se menciona, es a partir de 1985 cuando dan inicio las actividades dentro de la acuicultura del que suscribe, participando dentro de los programas de trabajo del Centro Acuícola El Zarco, como prestador de servicio social, durante este periodo las actividades de dicho centro se dividían en: Sanidad, Alimentación, Manejo y Reproducción, clasificación de actividades utilizada en aquellos tiempos. Sin embargo, los cambios que de manera práctica se fueron observando durante el desarrollo de mi profesión, me permiten establecer que, "todas las granjas sin importar el tamaño, se componen principalmente de cinco grupos de factores que pueden y a menudo afectan la productividad de la granja. Estos son: (1) los peces, (2) el agua, (3) la estanquería, (4) el alimento y (5) las prácticas de manejo. Dentro de estos cinco grupos principales existen varios factores individuales, cada uno actuando en una mutualidad, interdependientemente con los demás factores" (Klontz, 1991).

A continuación y utilizando la clasificación marcada al final del párrafo anterior, la cual servirá de base para realizar la descripción y posterior análisis, de la manera en que se ha desarrollado el proceso de producción de trucha durante este tiempo.

##### 4.1.- Los Peces.

Para el año de 1985, aun cuando se reconocía la existencia de alrededor de siete variedades o razas de esta especie, en general se hablaba de la "trucha arco iris" o *Salmo gairdneri*, Richardson, antigua denominación taxonómica con la que se le identificaba.

Sin embargo para finales de los ochenta y principios de los noventa, la descripción taxonómica de la trucha arco iris cambia a la de *Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792 (Espinosa et.al, 1993) actual denominación con la que se conoce a estos peces y de los cuales como marca Guevara (1999), existen una gran variedad de razas, las cuales originalmente podían ser distinguidas entre si, por ejemplo por el número de escamas sobre la línea lateral y por su coloración.

Por otra parte, las importaciones de huevo oculado por parte de productores particulares, introduce el uso de las definiciones taxonómicas a nivel de raza o variedad, diferenciando a la trucha recién introducida con la definición de Trucha arco iris variedad "kamloops", en contraposición a la raza tradicionalmente cultivada en el país, cuya variedad se definió como "shasta".

A las truchas de la raza kamloops, que podían- y pueden- ser adquiridas en los estadios de huevo oculado o cría, se le atribuye un crecimiento más rápido a "temperatura normal del ambiente" (tabla 2) y un desarrollo corporal con más altura, lo cual las presentaba como una raza más favorable para su desarrollo y comercialización en forma de filete.

Tabla 2  
Potencial de la tasa de crecimiento para salmónidos  
en función de la temperatura

Temperatura (°C)	RAZA	
	Shasta	Kamloops
	mm de incremento diario en longitud	
2	0.000	0.000
3	0.011	0.013
4	0.102	0.117
5	0.193	0.222
6	0.283	0.327
7	0.374	0.432
8	0.465	0.537
9	0.556	0.641
10	0.646	0.746
11	0.737	0.851
12	0.828	0.956
13	0.919	1.060
14	1.009	1.165
15	1.100	1.270
16	1.009	1.165
17	0.919	1.060
18	0.828	0.956
19	0.737	0.851
20	0.646	0.746
21	0.556	0.641
22	0.465	0.537
23	0.374	0.432
24	0.283	0.327
25	0.193	0.222

Sin embargo, al inicio de este suceso, se puede decir que solo los productores con capacidad económica para adquirir esta nueva variedad, podían desarrollar su cultivo, mientras que los truticultores del sector social

seguían trabajando con la variedad shasta, que proporcionaban gratuitamente los centros acuícolas gubernamentales.

Al paso del tiempo, los mismos centros productores del gobierno se vieron poblados por organismos de la variedad kamloops, e incluso por nuevas variedades y/o especies introducidas más recientemente, los cuales al cruzarse con las poblaciones existentes de la variedad shasta, han dado origen a la trucha que actualmente se cultiva en la mayoría de los centros productores del país.

En estas condiciones y ya con especial atención al cultivo en sí, podemos decir que dentro de este grupo de peces, los factores intrínsecos, los cuales forman parte de la naturaleza del pez y su función está gobernada principalmente por la disposición genética del organismo, serán de gran importancia dado que de ellos dependerá la respuesta del pez a las condiciones estresantes de los sistemas de cultivo, tales como, las altas densidades de población y las manipulaciones físicas como lo es, la selección de tallas, las labores de inventariado, la limpieza de estanques etc. Lo cual provocara alteraciones fisiológicas en el pez, como son, la reducción de la circulación del ácido ascórbico (vitamina C) y el incremento del cortisol plasmático. Estas alteraciones reducen la capacidad de respuesta del pez a la acción de cualquier bacteria sistémica latente o a una infección viral. Otro aspecto de la respuesta al estrés, es la inducción a la enfermedad de las branquias, lo cual evita la absorción de oxígeno y la excreción del amoniaco de la sangre (Klontz, 1991).

Dentro de los aspectos importantes que podemos resaltar, diremos que como toda especie animal, la trucha presenta un patrón de comportamiento definido, destacando para las condiciones de cultivo, el hecho de ser un animal territorial y de requerir de un espacio bien definido, dependiendo de las condiciones del agua y de la disponibilidad y accesibilidad del alimento, este espacio será defendido celosamente por cada pez. En condiciones de confinamiento los actos defensivos son por lo general, el morder las aletas dorsales y/o pectorales del organismo transgresor, este mordisqueo puede llegar a ser tan severo, que las heridas producidas se convierten en blanco del ataque de otros peces agresivos, llegando incluso a causar la muerte de estos animales.

Por esta razón, es muy importante tener los estanques y las cargas de éstos, bien adecuadas para permitir el establecimiento y mantenimiento de los territorios. Además, la practica de proporcionar el alimento en todo el estanque, permite que el pez se alimente cerca de su propio territorio, evitando invadir el territorio de sus otros compañeros.

#### 4.1.1 Requerimientos Medioambientales

Con respecto a los requerimientos ambientales, diremos que estos salmónidos son peces bastante estrictos en cuanto a las condiciones del medio acuático en donde viven, lo que restringe su existencia a aguas claras y cristalinas de curso rápido y temperatura fría (Cachafeiro, 1984) (en, Calva y Cevallos, 1989).

En este sentido se puede afirmar, que para cada especie hay una serie de condiciones ambientales específicas, en las que todos los sistemas fisiológicos operan mejor, alcanzando la óptima tasa de crecimiento del organismo. Así, entre otros factores, la temperatura juega un papel determinante y en el caso de la trucha arco iris se tiene que su temperatura normal del ambiente (T.N.A.) es de 15 °C, y por cada grado centígrado arriba o abajo de la T.N.A., existe una reducción del 8.5% en la tasa metabólica, reflejándose en una disminución de la tasa de crecimiento.

Otros aspectos físicos medio ambientales, como la cantidad de luz que llega al sistema, o la densidad de carga, en especial si son animales que ocupan solo el fondo del estanque o si ocupan toda la columna de agua, serán característicos de cada especie y deberán ser tomados en cuenta, a la hora de planear su cultivo. Por otra parte, los aspectos químicos importantes son marcados en la Tabla 3.

Tabla 3  
Parámetros Físico-Químicos del agua óptimos para el desarrollo de la trucha

Parámetro	Valor
Oxígeno Disuelto	> de 5.6 ppm a 90 mm Hg pO <sub>2</sub>
pH	6.7 - 8.5
Alcalinidad	30 - 200 mg/l como CaCO <sub>3</sub>
Dióxido de Carbono	< 2.0 mg/l
Calcio	> 50 mg/l
Zinc	< 0.04 mg/l a pH 7.5
Cobre	< 0.006 mg/l en agua blanda < 0.3 mg/l en agua dura
Hierro	< 1.0 mg/l
Amoniaco-N (como NH <sub>3</sub> )	< 0.03 mg/l constantes < 0.05 mg/l intermitentes
Nitritos-N	< 0.55 mg/l
Nitrógeno	< 100% de saturación
Sólidos Suspendedos	< 80 mg/l
Sólidos Disueltos	50 - 200 mg/l
Temperatura	15 °C

Dentro de los aspectos químicos que pueden afectar de manera importante el desarrollo del cultivo, se tiene al que involucra la presencia en disolución de amoníaco, este se genera dentro del sistema como el producto final del metabolismo proteico, generándose a través de dos trayectorias diferentes en su origen, siendo una endógena y la otra exógena. La endógena, es una función catabólica del organismo, formando parte de los procesos vitales de este. Por su parte, la trayectoria exógena es anabólica, donde la proteína de la dieta se metaboliza para el crecimiento y otras funciones fisiológicas, excretando el pez, a través de las membranas branquiales, amoníaco en la forma  $\text{NH}_4^+$ .

Ya en el medio acuático, el amoníaco ocurre en dos formas, disociado o ionizado ( $\text{NH}_4^+$ ), el cual no es tóxico para el pez y, el no disociado o no ionizado ( $\text{NH}_3$ ), que es tóxico para la mayoría de los peces. De acuerdo a Stewart (1983) (en, Portilla, 2000), el valor máximo de amoníaco no ionizado que pueden soportar los salmónidos es una exposición constante menor a 0.03 mg/l, o una exposición intermitente menor a 0.05 mg/l.

Habrá que anotar que la concentración de amoníaco en el agua, estará directamente relacionada con la cantidad y calidad de la proteína utilizada en el alimento, la cantidad de alimento suministrado y del pH y temperatura del agua.

*Antes de pasar al siguiente factor, habrá de mencionarse de manera importante, que durante las llamadas "prospecciones", aspectos como los antes mencionados, son clave determinante en la elección de la especie que se sugerirá cultivar.*

#### 4.1.2 Requerimientos Nutricionales

Por otra parte, de acuerdo a sus preferencias alimenticias la trucha arco iris es un animal carnívoro, por lo que es muy importante que la formulación de su dieta satisfaga esta necesidad, así, en orden de importancia, los nutrientes que deben presentarse en sus alimentos son: Proteínas; Lípidos y; Carbohidratos. En relación con el tipo de proteína a utilizar, esta deberá de ser preferentemente de origen animal, aun cuando esta puede ser balanceada (pero no substituida) con proteína de fuente vegetal.

En términos energéticos los alimentos proporcionados durante el cultivo de esta especie, deben de proporcionar una energía metabolizable de 3525 a 3650 kilocalorías por kilogramo de peso ganado, del cual las truchas pueden obtener 4.0 kcal por cada gramo de proteína cruda, 9.0 kcal por gramo de lípidos digestibles y 1.8 kcal por cada gramo de carbohidratos digestibles.

En este sentido, la mayoría de los alimentos comerciales que se expenden en la zona de influencia del presente trabajo, reportan altos niveles energéticos, ofreciendo conversiones alimenticias de entre 1.2 : 1 a 2.0 : 1, Kg. de alimento por Kg. de trucha producido, bajo buenas condiciones de manejo.

#### 4.1.3 Definición del Producto

Por otra parte, a nivel de sistemas de cultivo un concepto nuevo característico de cada especie bajo explotación, será su "definición del producto", del cual se puede decir que es un concepto que poco a poco comienza a ser usado en la acuicultura, el cual implica que debe existir una definición bien clara de lo que es el producto deseado, para lo cual se deberá tener en cuenta cual es el destino final del pez producido, es decir, si servirá de alimento, o se utilizara como premio en torneos de pesca deportiva, o bien si será comercializado como cría, para su posterior engorda.

Para poder lograr este objetivo habrá que tomar en cuenta, el estadio o talla de siembra, el numero de organismos que se desea cosechar y todos los factores que podrían influir en la producción, para de esta forma poder identificar la fecha de comienzo y el proceso de manejo, el cual deberá estar proyectado, para así, alcanzar el producto deseado, en la fecha determinada.

#### 4.1.4 Potencial de la tasa de crecimiento.

Una característica más, particular de cada especie, es la Potencial Tasa de Crecimiento (P.T.C.), la cual se ha definido como un aumento en la longitud, el peso o ambas, del pez durante un periodo de tiempo específico, en este caso el P.T.C., esta muy relacionado con el control genético e influenciado por la temperatura del agua.

Por otro lado, la Tasa Permisible de Crecimiento (T.P.C.), es el factor de crecimiento que el sistema aceptará, con base a los siguientes elementos: 1) la temperatura del agua; 2) disponibilidad de oxígeno; 3) osmolaridad del agua ; 4) calidad del alimento; 5) cantidad de alimento y; 6) las enfermedades respiratorias subclínicas.

En condiciones ideales la P.T.C. y la T.P.C. son iguales, sin embargo, la mayoría de las veces este no es el caso. Por lo que habrán de ser tomados en cuenta, todos los factores que influyen en el crecimiento del pez, para así determinar la T.P.C. del sistema, la cual se convierte en el factor clave para proyectar la producción y poder alcanzar la definición del producto.

#### 4.1.5 Historial de Enfermedades

Un aspecto importante de lo arriba mencionado, es el impacto que las enfermedades infecciosas y no infecciosas tienen sobre la productividad, lo que se reconoce ampliamente, sin embargo el impacto se ha medido tomando más el número de peces muertos, que el de peces enfermos clínica o subclínicamente, siendo que, aun cuando muchos de los peces de estas categorías se reponen con la terapia adecuada, la T.P.C. se ve drásticamente afectada, alterando de manera negativamente el programa de producción propuesto.

Es interesante mencionar que varios especialistas en la materia, coinciden en señalar que la mayoría de las epidemias infecciosas son precedidas por síntomas detectables de procesos no infecciosos. Así, cuando los peces están expuestos a condiciones ambientales que sobrepasan los límites sin efecto aceptados para un determinado período de tiempo, se llega a un punto en donde los peces no pueden continuar con la situación. Dos de los primeros signos que se presentan en este caso son, la pérdida del tejido entre los rayos de las aletas (síndrome de las aletas abiertas) y una melanosis generalizada (oscurecimiento del cuerpo).

#### 4.1.6 Relación Peso-Longitud.

Una más de las características intrínsecas de cada especie, que se presenta muy útil en el seguimiento del desarrollo del cultivo, es el llamado "factor de condición", el cual es utilizado como un medio de comprobar el estado o condición de las truchas, con respecto a la relación entre el peso y la longitud de las mismas, en este caso, suele usarse una fórmula que determina, por así decirlo, el estado de salud de los peces, esta relación se basa en la premisa de que el peso de la trucha es proporcional al cubo de su longitud.

Habrá que resaltar que dicho factor se encuentra sujeto a diversas variables, como son: 1) la tasa de alimentación; 2) la frecuencia de alimentación; 3) el estrés producido por las prácticas de monitoreo o de sanidad; 4) el estado reproductivo del pez, etc.. Si el factor de condición se va a usar en el proceso de producción, como debería de ser, entonces se pesarán y medirán los peces individualmente al final de cada período de alimentación, lo cual requiere de algo de tiempo, por lo que no se practica regularmente.

El cálculo de este factor es importante, sobre todo cuando se elabora el programa de producción, ya que el cálculo del crecimiento en longitud se hace fácilmente, pero para calcular el peso y posteriormente la biomasa, se



hace necesario determinar que peso deberá de tener una trucha de una longitud determinada.

#### 4.1.7 Canibalismo

El canibalismo es otro tipo de comportamiento que suele presentarse en el cultivo de la trucha, siendo el principal impacto de este factor, la pérdida progresiva de peces pequeños de la población, lo cual genera errores en la estimación de la biomasa de un estanque, por lo que se hace difícil programar correctamente la alimentación y el crecimiento poblacional.

Las explicaciones sobre las causas que provocan este problema son: 1) una mala selección de tallas, que nos lleva a tener una población heterogénea en la que algunos peces son de 1/3 a 1/2 del tamaño de los peces grandes, y ; 2) un mal régimen de alimentación, ya que sí el alimento no se proporciona uniformemente en todo el estanque, se promoverá que algunos peces se alimenten mejor que otros y por lo tanto, que crezcan más.

#### 4.1.8 Requerimientos de Oxígeno

Un factor que puede limitar sensiblemente la producción de cualquier cultivo piscícola, es la tasa de absorción del oxígeno a través de las membranas lamelares de las branquias, la cual es, principalmente una función de la diferencia en la presión parcial de oxígeno entre los vasos capilares de las laminillas y el agua que las rodea. Las membranas lamelares miden normalmente de 2 a 4 micras de grosor, pero cuando ciertas condiciones ambientales irritan los tejidos branquiales, las membranas se espesan, impidiendo así la absorción de oxígeno. Uno de los irritantes más conocidos es el amoniaco-N, excretado a través de las membranas branquiales.

La disponibilidad de oxígeno por parte de los peces, es sin duda alguna, uno de los factores limitantes más importantes en el cultivo, teniendo por regla general, que el ritmo metabólico regula la demanda de oxígeno del pez, para lo cual, son varios los factores que afectan el ritmo del metabolismo, siendo algunos de ellos: la velocidad del agua; la tasa de crecimiento; la temperatura del agua y ; la edad de los peces. El ritmo metabólico es una variable de gran importancia, que depende en gran medida de la capacidad de transporte del oxígeno a través de los tejidos branquiales.

La alimentación representa sin duda la actividad más crítica de cualquier empresa acuícola, pero uno de los riesgos que se pueden generar a partir de esta actividad, es que la parte no digerida del alimento se excretará en forma de sólidos fecales y estos afectarán la productividad elevando la demanda de oxígeno en el sistema e inhibiendo físicamente (sestonosis) y fisiológicamente (espesamiento de las laminillas) el transporte de oxígeno.

Por otra parte, se piensa que al descomponerse los sólidos fecales, despiden sustancias tóxicas (probablemente aminas) que también perjudican el funcionamiento de los tejidos branquiales. Por consiguiente, se sugiere que siempre que se pueda, se construyan estanques que se limpien automáticamente, o bien limpiar los estanques a menudo para evitar los posibles efectos adversos.

#### 4.1.9 Generación de CO<sub>2</sub>

Uno más de los efectos de los peces sobre su medio ambiente, es la producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el cual es uno de los productos del proceso respiratorio, afortunadamente, de manera general este gas no se genera en concentraciones que pudieran poner en peligro la producción, a menos que el sistema sea completamente cerrado.

Sin embargo altas densidades de peces y bajos flujos de agua, pueden elevar los niveles de bióxido de carbono en la sangre, lo cual reduce la absorción de oxígeno por la hemoglobina, lo que ocasiona una anoxia de los tejidos y una reducción de la tasa de crecimiento.

#### 4.1.10 Ciclo de Vida.

En lo que a su ciclo de vida se refiere, la trucha arco iris madura en función de la temperatura y de la altitud, observándose para el caso de México, que el desove se realiza durante los meses de noviembre a febrero, cuando la temperatura del agua descende a sus niveles más bajos. La maduración y desove se pueden controlar manipulando el foto período (ciclo de horas luz-oscuridad), lo que permite adelantar y o retrasar considerablemente dichas actividades fisiológicas, lo que a su vez nos permite obtener huevos fértiles durante un lapso más prolongado del año.

Los reproductores presentan un dimorfismo sexual marcado, en base al cual podrán ser seleccionados y sexados, marcando a continuación las principales características que distinguen a los sexos en edad madura:

- El abdomen de la hembra es abultado, voluminoso y rojizo. En el macho es pequeño, alargado y pálido.
- En cuanto a la papila urogenital, la hembra presenta dos poros, en tanto que el macho solo uno.
- La línea lateral de la hembra no es notoria, mientras que en el macho es muy marcada y de color rojo vivo.

- La mandíbula inferior del macho forma un pico curvo hacia arriba (prognatismo), especialmente en los organismos de más edad.
- La coloración del macho se torna muy brillante en la época reproductiva.
- El ano de la hembra es prominente, redondo y rojizo.

(Alcocer, 2000).

En el caso de la trucha, una vez alcanzada la madurez sexual, que en el caso de la hembra se adquiere a los 24 meses, mientras que los machos maduran sexualmente al primer año de vida. La reproducción se lleva a cabo en corrientes de agua suave, con zonas de remansos, previa construcción del nido por la hembra, sobre fondos de grava fina como protección contra los depredadores y para asegurar la oxigenación del huevo.

El apareamiento se realiza en la temporada otoño- invierno y se inicia con el cortejo del macho a la hembra, la cual después de un período de excitación procede a la construcción del nido, en seguida se efectúa la ovulación, para que de manera sincrónica el macho vierta el semen sobre los óvulos y se lleve a cabo la fecundación. La hembra oviposita de 700 a 1900 óvulos por kilogramo de peso, lo cual depende del tamaño de la hembra y del diámetro de los huevos.

El tiempo de incubación varía de 28 a 35 días según las condiciones ambientales, principalmente de temperatura del agua, eclosionando el alevín con una bolsa vitelina que se reabsorbe en 8 a 10 días, la cual le sirve como reserva nutritiva para cubrir el período de adaptación del tracto digestivo, de este período a la asimilación del alimento natural.

En sus estadios tempranos se alimenta principalmente de larvas y microorganismos acuáticos, para posteriormente convertirse en un organismo rapaz que consume alimento vivo, esencialmente insectos y crustáceos.

Antes de finalizar esta sección, podemos decir que aun cuando por todo lo anotado líneas arriba, probablemente se pudiera pensar en la trucha, como un pez excesivamente delicado y demandante, sin embargo podemos mencionar, que dentro de sus límites permisibles, la trucha es un animal que puede resistir e incluso desarrollarse (aunque no de manera óptima), en condiciones que en teoría estarían fuera de los límites permisibles para su desarrollo, como son los casos por ejemplo de la unidad de producción denominada "Truchilandia", en el municipio de Nicolás Romero, en la que los sólidos disueltos y en suspensión rebasaban drásticamente los límites permisibles, al grado que en ocasiones los organismos - incluyendo el estadio de huevo oculado -, no podían ser observados de manera clara y

directa. O como el caso que mencionan Calva y Cevallos (1989), en el que describen un buen desarrollo de las truchas, aun cuando en algunos niveles de rehúso de agua, la concentración de oxígeno reportada estuvo en niveles críticos.

Otro ejemplo que se puede mencionar, es el hecho que se ha presentado en varias granjas, en donde en ocasiones y por diversas razones, las truchas en cultivo han dejado de ser alimentadas, incluso por periodos prolongados de tiempo, no teniéndose reportes de mortalidades masivas por esta causa.

Un aspecto más de las bondades que el cultivo de la trucha presenta, es que los niveles de cultivo pueden ser en pequeña escala, sin necesidad de costosas inversiones, por lo que pueden ser establecidas incluso por familias, a veces con uno o dos empleados adicionales, lo que les permite tener empleo que se traduce en un beneficio razonable en medio de un ambiente de considerable belleza natural (Stevenson, 1985).

## 4.2.- El agua

Actualmente el agua entra a formar parte de todos los procesos de consumo y de producción y debido a múltiples factores, se ha convertido en un recurso escaso y preciado, por lo que se debe proteger y usar de manera razonable (De la Garza, FONDEPESCA). De esta manera, será fundamental, determinar en cada caso, sus propiedades particulares (físicas, químicas y biológicas) a fin de poder clasificarlas y determinar sus aptitudes.

En este sentido, los análisis deben de ser muy específicos en cuanto a periodicidad y tipo de muestreo, ya que dependiendo del origen o tipo de agua del que se trate, esta podrá presentar propiedades y comportamientos diferentes.

Acerca del "agua" como factor determinante para la optimización de los rendimientos biológicos y consecuentemente económicos, en la actividad acuícola, diremos que es un factor del cual debemos tener una información lo más sistemática y fiel posible, tanto para elegir el sitio apropiado donde se establecerá el cultivo, como para el seguimiento y adecuación durante el desarrollo del mismo.

Por lo anterior, resulta obvio decir que la primera necesidad para el establecimiento de una granja de producción trutícola dependerá en gran medida de la calidad y cantidad de agua con que cuente, ya que esto a su vez, incidirá directamente en factores como la nutrición, la estanquería y el manejo, lo cual consecuentemente afectara la productividad de la unidad de producción.

*Sin embargo, como lo apunta Stevenson (1985), puede parecer que es incidir en lo obvio decir que la primera necesidad para una factoría de truchas es un aporte abundante de agua de buena calidad, pero sorprende ver cuántas personas pasan por alto, la importancia de una amplia valoración del caudal y de la calidad del agua, que por así decirlo, será la sangre vital de la piscifactoría.*

En este punto será importante mencionar que con frecuencia las personas que solicitan un análisis de agua, al desconocer cuales son los estudios específicos que se deben realizar, solicitan generalmente la asistencia de laboratorios especializados o bien de personal relacionado con el proyecto que pretenden desarrollar, esto a fin de tener una clara idea de la potencialidad del recurso.

Desgraciadamente ambos casos presentan algún problema, así cuando se solicita la realización del trabajo a un laboratorio, estos generalmente

realizan determinaciones de muchos parámetros, lo cual encarece el servicio y no siempre proporciona información útil.

Por el otro lado, los técnicos de las dependencias oficiales encargados de realizar estos monitoreos (prospecciones acuícolas), generalmente no cuentan con el equipo o material necesario para obtener la información precisa y objetiva que se requiere, basando sus resultados y juicios de opinión en aspectos puramente intuitivos.

Si a esto se suma el hecho de que normalmente no se da seguimiento a los monitoreos sistemática y progresivamente para verificar las posibles variaciones estacionales de un sitio en particular, se tiene como resultado el desarrollo de proyectos mal planeados.

En este sentido y antes de presentar los factores más relevantes relacionados con el agua y que afectan la productividad de cualquier granja, mencionaremos que aunque efectivamente en las dependencias de gobierno no se cuenta generalmente con los materiales o equipos adecuados para realizar el trabajo, cuando se amerita, esto es cuando se detecta un sitio con potencial como para establecer un proyecto de escala considerable, se solicita el apoyo de instancias como universidades o laboratorios del mismo gobierno, a fin de obtener la información necesaria para conformar un expediente completo.

Cuando las condiciones existentes solo aseguran un proyecto familiar, la resolución se hace de manera expedita resolviendo negativa o afirmativamente a la solicitud, procediendo en este último caso a autorizar la siembra.

#### 4.2.1 Caudal Disponible.

Volviendo al tema del agua como factor que afecta la productividad, mencionaremos en primer término lo relacionado con la **cantidad de agua disponible**, lo cual delimitara el tamaño y número de estanques y por consecuencia, el tamaño de la producción. Así, una afluencia demasiado pequeña, proporcionara un aporte bajo de oxígeno disuelto y una posible concentración alta de sólidos suspendidos y sedimentables. En el caso contrario, una afluencia demasiado grande corrige estas limitaciones, pero puede traer consigo un aumento en la velocidad del agua, lo que haría que los peces gastaran más energía para nadar contra la corriente. En este caso, si la tasa de alimentación no se ajusta, el crecimiento se puede ver afectado.

En términos generales se requiere que haya suficiente afluencia para que el volumen de agua de un estanque sea reemplazado en un periodo de 20 a 30 minutos, que en la mayoría de los casos genera una velocidad de la corriente

de entre 0.015 a 0.027 mt/seg. , la cual es suficiente para realizar un efecto de auto limpieza de los estanques, sin cansar a los peces. Esto último deberá tomarse con reservas y básicamente para estanques recubiertos, ya que en estanques rústicos, la corriente puede erosionar las paredes como el piso del estanque.

#### 4.2.2 Temperatura.

Por otra parte, como ya se menciona, la **temperatura** afecta directamente la tasa metabólica del pez y por consiguiente su tasa de crecimiento. En el caso de la trucha arco iris, se tiene que la temperatura en la que se desarrollara óptimamente es de 15 °C , habiendo una disminución en la tasa metabólica de aproximadamente 8.5% , por cada grado centígrado arriba o abajo, de la temperatura óptima. En este caso, la tasa de crecimiento en un sistema deberá ser ajustada en base a la temperatura promedio del agua.

#### 4.2.3 Disponibilidad de Oxígeno.

Con relación a la disponibilidad de **oxígeno disuelto** para los peces, se acepta sin lugar a dudas que este representa uno de los factores limitantes más importantes para determinar la capacidad de carga de un sistema de producción y dependerá directamente del caudal o flujo de abastecimiento de agua en la granja. En este sentido Downey y Klontz (1981) (In, Portilla, 2000), determinaron que los peces pueden extraer eficientemente el oxígeno del agua mediante difusión pasiva a través de las laminillas branquiales, cuando la presión parcial de este gas se encuentra entre 70 y 90 mm Hg.

A este respecto se tiene que la concentración de oxígeno disuelto en el agua, dependerá de la altitud (presión atmosférica) y la temperatura, teniendo que el agua que se dice que esta saturada, es cuando esta contiene todo el oxígeno que ella es capaz de retener, en función de la Temperatura y la altitud. Esto es un punto muy importante, ya que las granjas en México se encuentran a considerable altitud sobre el nivel del mar y generalmente manejan reusos del agua en serie.

Con relación a lo antes mencionado, sabemos que la concentración de oxígeno necesaria para mantener una presión parcial de 90 mm Hg como mínimo, equivale aproximadamente a 5.6 ppm de O<sub>2</sub> en un rango altitudinal de 2100 a 2600 m.s.n.m. y a una temperatura media de 15 °C.

Por lo anterior, importante será tener un porcentaje de saturación mínimo del agua que entra a una unidad, del 90% de pO<sub>2</sub> (presión parcial del oxígeno), para permitir que se realice el intercambio gaseoso por gradientes de presión y mantener los niveles de saturación, en los sistemas de múltiples reusos del agua, por arriba del 60% a la salida de los estanques y que previo a pasar al

siguiente nivel se practique algún método de aireación (las caídas de los estanques a desnivel son los más comunes y económicos), a fin de reponer parte del oxígeno perdido.

#### 4.2.4 Presencia de Nitritos.

Con respecto a los nitritos, estos son el producto de la oxidación del amoníaco, por bacterias nitrogenantes. El nivel de tolerancia aceptado para este compuesto es de 0.55 mg/lit., pero cuando se sobrepasan estos niveles, se genera un estado de metahemoglobinemia, en la cual el hierro de la molécula "hemo" se reduce sin poder transportar el oxígeno, que en casos graves pueden llegar a ser fatales para los peces. En caso de presentarse este problema, deberá disminuirse la cantidad de alimento y aumentar el flujo de agua.

#### 4.2.5 Alcalinidad y Dureza.

Uno más de los factores relacionados con el agua, es el que tiene que ver con el contenido de minerales del agua dulce corriente, en la naturaleza, este varía en función del terreno a través del que haya pasado y de las sustancias que haya disuelto, tanto de las rocas como de la atmósfera. Este fenómeno conferirá al agua sus características de "alcalinidad" y de "dureza". El agua, dependiendo de la cantidad de estos minerales que lleve en disolución, se clasificara como blanda o dura para cuando tengan bajos o importantes niveles de minerales en disolución respectivamente.

Con relación a la alcalinidad, se considera que el rango mínimo aceptado para el buen rendimiento de los peces es de 20 mg/l (como  $\text{CaCO}_3$ ) y con un máximo fijado en 200 mg/l. Adicionalmente, podemos decir que el calcio juega un papel importante en las actividades respiratorias y osmoregulatorias del pez. Los síntomas típicos de baja alcalinidad son crecimiento lento y un estado físico deficiente, representado por escamas flojas y aletas raídas (Klontz, 1990).

Con respecto a la dureza, tendremos que en un sistema de aguas blandas, los peces serán hipertónicos con respecto a su medio ambiente, mientras que los que vivan en medios de agua dura tenderán a ser isotónicos (en agua de dureza media) a hipotónicos en aguas muy duras. A nivel productivo, las aguas más favorables son las de dureza media (entre 50 y 250 mg/lit de alcalinidad), ya que en este medio, fisiológicamente los peces gastan menos energía metabólica en los procesos de osmoregulación. Los peces criados en aguas de baja concentración calcica suelen presentar aletargamiento y carencia de buena coloración.



#### 4.2.6 pH

Por otra parte, Un pH neutro o ligeramente alcalino de 7 a 8 , es el que se recomienda para el cultivo, ya que las aguas ácidas aumentan la susceptibilidad de los peces a enfermedades infecciosas y no infecciosas. En esta agua es frecuente encontrar niveles altos de dióxido de carbono, ácidos minerales y orgánicos débilmente disociados, todos los cuales cambian la capacidad neutralizadora del agua. A un pH de 6.0 a 6.5, la mucosidad de la piel de los peces es virtualmente inexistente y los peces parecen "secos" al tacto.

#### 4.2.7 Sólidos en Suspensión.

Las aguas ligeramente turbias ya contienen suficientes **sólidos en suspensión** como para ocasionar el espesamiento de las laminillas branquiales, lo cual como ya hemos observado, limita la absorción de oxígeno y disminuye como consecuencia la tasa de crecimiento. Ciertas especies que viven naturalmente en aguas turbias (como las carpas), presentan suficiente espacio entre las laminillas para minimizar el contacto de los sólidos con los tejidos branquiales, los salmonidos sin embargo, no crecen bien en aguas turbias, lo cual afecta de manera mas drástica a los peces de menor tamaño (alevines y crías).

#### 4.2.8 Sólidos Sedimentables.

Los **sólidos sedimentables** en un sistema de acuicultura deberían de estar constituidos principalmente por materia fecal y alimento no consumido, sin embargo, dado que generalmente no se cuenta con sistemas de filtración en la entrada del agua a las unidades, durante las épocas de lluvia es común que el material arrastrado por las corrientes, se deposite en los estanques. La presencia de estos sólidos genera una mayor demanda de oxígeno sobre el sistema y constituye un medio ideal para el desarrollo de muchas bacterias y protozoarios acuáticos.

#### 4.2.9 Capacidad de Carga.

La **capacidad de carga** para un cierto volumen de agua para una dada afluencia, se define como la biomasa o cantidad de individuos que esa masa de agua puede alojar. El principal efecto por exceso en la capacidad de carga, es la disminución del oxígeno disponible en el medio. Si se permite que esta situación se prolongue indefinidamente o incluso que aumente, la tasa de crecimiento baja y la condición general de los peces se deteriora, existiendo el riesgo de que aumentos en la temperatura, disminución en el flujo de

agua, o algún fenómeno estresante, generen un estado en el que el oxígeno disponible no sea suficiente y provoque una mortalidad masiva, en este sentido, la predicción y mantenimiento de una carga adecuada son esenciales para una óptima productividad.

#### 4.2.10 Contaminantes.

Los **contaminantes** producidos por actividades agrícolas, industriales o municipales, constituyen una de las principales amenazas para un sistema de acuicultura, por lo que se deberá de tener mucho cuidado al seleccionar el sitio donde se construirá una unidad de producción, evitando usar agua que pueda llevar contaminantes de alguno de estos tipos.

#### 4.2.11 Patrón del Uso de Agua.

Por el numero de veces que se utilizara el caudal de abastecimiento en una unidad, se pueden distinguir tres métodos de **uso del agua** que son: 1) Simple uso. Donde el agua pasa solo por un estanque antes de su eliminación; 2) Simple reutilizamiento. El agua tiene un reuso, al pasar por una segunda serie de estanques; 3) Múltiple reutilizamiento. El agua pasa por varias series de estanques antes de ser eliminada.

De manera ideal, sería recomendable el uso del primer método, sin embargo y a fin de incrementar los niveles de producción aprovechando más eficientemente el agua, la mayoría de las unidades utiliza múltiples veces el agua. En este caso habrá de tenerse cuidado especial, con respecto a la calidad del agua y a la sanidad, ya que los problemas podrían propagarse fácil y rápidamente a todos los estanques de niveles inferiores, otra recomendación es manejar densidades de carga menores en cada subnivel de estanquería.

#### 4.2.12 DBO.

La **demanda biológica de oxígeno** es un factor que puede actuar de manera negativa, al disminuir la cantidad de oxígeno disponible debido principalmente a la descomposición de la materia orgánica depositada en el fondo de los estanques, o bien por el consumo de oxígeno por algas o plantas acuáticas, sobre todo en días nublados.

#### 4.2.13 Aguas Nitrogenadas.

La presencia de **nitrógeno gaseoso** en solución, es un problema que se presenta principalmente cuando el agua con que se trabaja se obtiene de manantial y aflora con una sobresaturación en las concentraciones solubles

de este gas, afortunadamente este problema se soluciona fácilmente, mediante la aireación del agua, previo a su uso. En los casos en que el agua presenta sobresaturación de este gas, se forman embolias en el sistema vascular de los peces, produciendo la llamada "enfermedad de la burbuja".

#### 4.2.14 CO<sub>2</sub>

En general todas las aguas presentan **bióxido de carbono** ya que lo adquieren del aire atmosférico, presentando concentraciones de alrededor de 2 mg/lit, concentraciones mayores pueden ser peligrosas sobre todo si están asociadas con bajos niveles de oxígeno disuelto.

#### 4.2.15 Presencia de Agentes Patógenos.

De acuerdo con Wedemeyer (en, Portilla, 2000), la **carga de agentes patógenos** es un factor ignorado generalmente, pero es muy importante ya que afecta la capacidad de carga y la salud de peces. Es muy común en los arroyos e incluso manantiales del Estado de México y Michoacán encontrar cargas altas de *Aeromonas hydrophila* y *Pseudomonas* sp. Estas bacterias actúan como patógenos secundarios o facultativos en las condiciones de cultivo intensivo, que de suyo imponen estados de estrés e inmunodepresión.

### 4.3. La estanquería.

En términos prácticos, para Klontz (1990), el principal propósito de los estanques en un sistema de acuicultura, es el de contener el agua en la que los peces viven. Partiendo de esta premisa, habrán de ser considerados varios aspectos relevantes, para el diseño de los mismos.

En este sentido, Hernández (2000) menciona que salvo algunos casos excepcionales, la construcción de estanquerías para cultivo de peces no presenta grandes problemas técnicos de ingeniería, ya que las estructuras que se requieren, son de escasa altura sobre el nivel del piso y por lo tanto las cargas que transmiten al terreno de apoyo, son moderadas (menores a 2 ton/m<sup>2</sup>).

Si embargo, aun cuando en términos técnicos de ingeniería parezca sencilla la construcción de estanques, su diseño con fines productivos, basado en los factores intrínsecos de los peces a cultivar, del flujo de agua disponible, o sencillamente del costo de su construcción, no llega a ser una decisión tan simple y en la que generalmente, en este caso, el biólogo debe decidir y marcar las características que debe presentar esta infraestructura de acuerdo a las necesidades y posibilidades tanto técnicas como financieras. Esto significa que cada estanquería puede ser tan particular con respecto a las restantes, como particulares sean las condiciones físicas, técnicas y de disponibilidad de capital para su construcción.

Lo anterior viene a colación, por el simple hecho de que de manera casi general, los estanques son construidos a semejanza de algún prototipo de estanquería, construida en algún otro lugar, en otras palabras, la construcción de nuevas estanquerías normalmente se hace copiando el modelo de las ya existentes o de algún modelo nuevo, implementado en lugares que generalmente no presentan condiciones parecidas.

En base a lo anterior, podemos decir que una estanquería para trucha no debería de ser igual que una para el cultivo de carpa, o bien no diseñarse en base a un prototipo o moda tecnológica, como se menciona que sucedió en el Zarco, en donde los estanques semirústicos fueron construidos con la tecnología existente en el momento de su construcción.

Este mismo caso se dio para la construcción de los estanques conocidos como "canales de corriente rápida" (race ways), los cuales invariablemente eran construidos con unas dimensiones de tres metros de ancho por 30 metros de largo y un metro en promedio de profundidad.

Por lo anterior, a continuación se marcarán los aspectos básicos que se requieren para elaborar un proyecto de estanquería, para posteriormente

destacar algunas particularidades de los elementos integrantes, de los diferentes tipos de estanquerías que se utilizan para el cultivo de trucha.

#### 4.3.1 Información Básica.

La información primera que se requiere para elaborar un proyecto de este tipo, es el levantamiento topográfico con curvas de nivel, en el cual aparezcan, además del terreno elegido en donde construir la estanquería, la ubicación probable de la obra de toma de agua y del punto de desfogue, con sus correspondientes distancias con respecto a la estanquería y de sus niveles con respecto a un mismo banco de nivel (Hernández, 2000).

Con estos datos es posible definir los niveles de fondo y coronamiento de los estanques, considerando o no, alturas de caída entre estanques, según lo permita la pendiente general del terreno. Al definir la posición de los estanques en el plano vertical, se sabrá si estos quedarán apoyados total o parcialmente en el terreno natural, la profundidad de excavación y en su caso, la necesidad de construir terraplenes.

La segunda información importante para un proyecto de estanquería, se refiere a las características mecánicas del terreno, en el cual se apoyará dicha estanquería, a cual se puede obtener con suficiente aproximación haciendo uno o varios pozos a cielo abierto, en puntos distribuidos convenientemente dentro del área seleccionada para construir los estanques. Lo anterior permite observar la estratificación del subsuelo en las capas superiores y tener un valor aproximado de su capacidad de carga, identificando los materiales de las diferentes capas y su grado de consolidación natural.

Independientemente de esta información básica a nivel de ingeniería, se requiere de información adicional, generada preferentemente por parte del biólogo o cualquier otro profesional que sea el encargado de elaborar la propuesta técnica para el cultivo, determinando entre otros aspectos el diseño o forma de los estanques, así como sus dimensiones y en consecuencia el volumen.

#### 4.3.2 Tipos de Estanquería.

Por su diseño, los estanques para el cultivo de trucha se clasifican en: a) semirústicos de forma irregular (actualmente ya poco usados); b) los estanques circulares y; c) los rectangulares, entre los que se encuentran los canales de corriente rápida.

#### 4.3.2.1 De forma Irregular.

Los estanques semirústicos de forma irregular, fueron el modelo implementado en la construcción del Centro Acuícola El Zarco a inicios de los años 40, pero actualmente su diseño es poco practicado, utilizándose solo cuando las condiciones del terreno así lo determinan.

#### 4.3.2.2 Circulares.

Por su parte, los estanques circulares han sido utilizados por la mayoría de los acuicultores de todos los tiempos, presentando ciertas ventajas entre las cuales se pueden mencionar, que requieren flujos menores de agua en su operación, que se pueden mantener limpios gracias al efecto de coriolis, que permite un flujo en espiral, cuya descarga se realiza por el centro del estanque, en la parte más profunda de este. Esto último evita que se establezcan zonas "muertas" o sin flujo (carentes de oxígeno), obligando a que los desperdicios y excretas confluyan hacia el centro, permitiendo además que los peces se distribuyan de manera uniforme sobre toda la superficie del estanque (Guevara, 1999; Medina, 2000).

#### 4.3.2.3 Canales de Corriente Rápida.

Los canales de corriente rápida (Portilla, 2000), son estanques cuyo largo es más de dos veces el ancho y son abastecidos por un flujo de agua que permite uno o más intercambios de su volumen total por hora. A este respecto, podemos decir que aunque las dimensiones de estos canales pueden variar, se recomienda que los estanques sean construidos, dependiendo del flujo de agua disponible, de un tamaño tal que permita cumplir la segunda premisa, marcada líneas arriba (Guevara, 1999).

El uso de este tipo de estanque como marca Portilla (2000), se inicio en Estados Unidos durante la década de los años cincuenta por criaderos dedicados a la conservación y propagación de truchas, quienes bajo la filosofía de "imitar a la naturaleza", desarrollaron grandes canales abastecidos por grandes flujos de agua que podían mantener a estos contenedores, sin gran acumulación de metabolitos ni sólidos en suspensión y si con altos niveles de oxigenación.

Este sistema se popularizó y fue adoptado incluso por granjas con abastecimientos moderados de agua y terrenos con pendiente suficiente para construir canales dispuestos en serie, con el flujo de agua descargando del primero al siguiente en secuencia, con una diferencia de elevación entre ellos que permite una caída del agua, mediante la cual se liberan sustancias tóxicas y capta oxígeno del medio ambiente, siendo esta disposición básica, la que se mantiene hasta la fecha.

Durante el diseño de un proyecto de estanquería, el trabajo del Biólogo radica en definir algunos aspectos importantes como los que a continuación se marcan.

#### 4.3.3 El Volumen.

Este factor esta estrechamente relacionado con la cantidad de agua disponible ya que, a partir de estos dos datos se podrá calcular el numero de recambios por hora del agua, idealmente un estanque deberá de recambiar su volumen total de agua, de 2 a 3 veces por hora para permitir el manejo de densidades máximas de carga. En términos generales, el volumen está relacionado de manera directamente proporcional al caudal disponible.

Por otra parte, con la determinación del volumen adecuado, se podrán establecer las dimensiones apropiadas que permitan un adecuado flujo hidráulico, en este sentido se habla de que el largo debe de ser de alrededor de 10 veces el ancho y con una profundidad media de 1.0 metro.

#### 4.3.4 La velocidad del agua.

En este sentido, ya se menciona anteriormente que la velocidad del agua puede ayudar a realizar la limpieza del estanque, aunque también puede afectar la tasa metabólica, al forzar a los peces a nadar contra corriente. A fin de evitar elevadas velocidades, no se recomienda que los estanques presenten pendientes muy pronunciadas, siendo favorables desniveles de alrededor de 1:100.

#### 4.3.5 El patrón del flujo de agua.

En estanques tanto lineales como circulares, el flujo de agua contribuye a la expulsión de sedimentos, como alimento no consumido y materias fecales ya que si se permite la acumulación de estos sedimentos, se presentara una condición ambiental perjudicial que afectara la tasa de crecimiento.

En estanques lineales se recomienda que a la entrada haya una caída lo más alta posible, a fin de captar la mayor cantidad de oxígeno posible, que el agua corra sin obstáculos y solo al final del estanque interponer una pantalla, que permita que el agua fluya por la parte baja del estanque, lo que permite expulsar los residuos sedimentables y remover el agua de las capas más profundas del estanque (figura 2).

En cuanto al patrón de entrada como de la salida del agua en el estanque, deberán de ser preferentemente a todo lo ancho del estanque, con lo que se

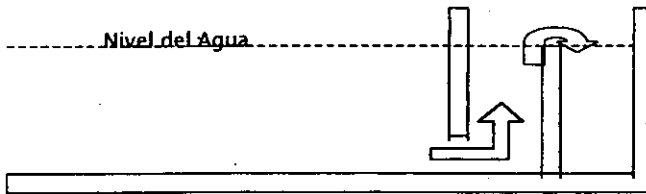
evitan los puntos muertos y el agua presenta una mayor superficie de contacto con el aire medioambiental.

Finalmente, se recomienda que cuando haya usos múltiples del agua, al pasar de un nivel a otro, se construya un canal distribuidor intermedio, lo que da la oportunidad de tener dos saltos antes de caer al estanque siguiente.

Figura 2  
Representación esquemática de las características deseables en un estanque rectangular



- a) Patrón del flujo de agua, a todo lo ancho, a la entrada y salida del estanque.



- b) Patrón del flujo de desagüe, el agua pasa por debajo de la pantalla deflectora, arrastrando sedimentos y moviendo las capas inferiores de la columna de agua, para finalmente rebosar por la pared del estanque.

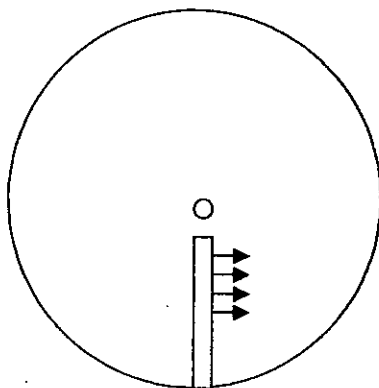
(Klontz, 1990)

Por su parte, en estanques circulares (figura 3), se recomienda la inyección de agua por medio de un caño horizontal paralelo a la superficie del estanque, con varios orificios a lo largo.



El desagüe debe de presentarse en el fondo del estanque, a fin de por el efecto de "coriolis", puedan salir todos los sólidos sedimentables.

Figura 3  
Representación esquemática de las características  
Deseables en un estanque circular



Patrón del flujo de agua, recirculante con desagüe en el centro y al fondo del estanque.

#### 4.3.6 La composición del estanque.

Los diferentes proyectos de estanquería se pueden clasificar, dependiendo de los materiales usados para la construcción, marcándose a continuación (tabla 4) algunas particularidades de los elementos integrantes de los varios tipos de estanquería que se utilizan para el cultivo de trucha.

##### 4.3.6.1 Estanques de Tierra.

En este sentido, **los estanques rústicos excavados en tierra**, se presentan como la solución aplicable, cuando por los niveles existentes entre la fuente de agua y el sitio probable de desfogue, sea susceptible de enterrar los estanques, siendo condición necesaria, que el suelo contenga arcilla y o tepetate, en una proporción mínima de 30% y consolidado en forma natural, así como pendiente suave.

#### 4.3.6.2 Estanques de Mampostería.

Por otra parte, la opción de estanques de mampostería de piedra, se adopta cuando el material pétreo abunda en la zona del proyecto, o cuando se puede obtener de minas o bancos regionales a costo razonable.

#### 4.3.6.3 Estanques de Concreto.

En lo que respecta a los estanques con piso de concreto y muros de tabique o block aplanado, se tiene quizá como la solución mayormente utilizada para los cultivos de trucha, en la modalidad de canales de corriente rápida o "race ways" por su menor requerimiento de espacio y por utilizar materiales que en general, se pueden conseguir a corta distancia y a costos razonables.

La última opción que se presenta actualmente, es la de los estanques con piso y paredes de concreto armado, en la que se utilizan materiales y procedimientos de construcción de actualidad ya que se ha observado que el concreto armado resulta ser el material más efectivo en la construcción de estanques trutícolas, sobre todo tratándose de estanques del tipo, canal de corriente rápida (Hernández, 2000). A continuación se presentan las características y particularidades de cada uno de los tipos de estanquería mencionados.

Tabla 4  
Particularidades de la estanquería según su composición

Tipo de Estanquería	Comportamiento Estructural	Impermeabilidad	Ventajas y Desventajas
Rústica	La estabilidad del fondo en general es buena y por lo que se refiere a las paredes de los estanques, es conveniente hacerlos con taludes que varían entre 1:1 a 3:1, según el grado de compactación natural del terreno. Para evitar la erosión e los taludes, se puede recurrir a la siembra de pasto en ellos.	Esta será mejor conforme el grado de compactación natural del terreno sea mayor. Cuando esta no es suficiente, se recurre a metodos de recubrimiento como: el tendido de geomembrana plástica, debiéndose tener cuidado en las uniones entre los tramos de material y en los trabajos de mantenimiento, esta solución resulta cara pero efectiva; Aplicación de mortero cemento-arena en proporción de 1:3 adicionado con impermeabilizante integral y reforzado con tela de gallinero, resultando ser una solución económica; Recubrimiento a base de concreto, se presenta como la solución más efectiva, pero su costo es relativamente alto.	La principal ventaja de estos estanques es su menor costo, en tanto que presenta las desventajas de ser poco propicias para el mantenimiento continuo (a excepción de los recubiertos de concreto), lo que genera condiciones de turbidez constante.

Tipo de Estanquería	Comportamiento Estructural	Impermeabilidad	Ventajas y Desventajas
De Mampostería	Considerando que la piedra a utilizar sea de buena calidad, la condición más importante es la consistencia y capacidad de carga del terreno de apoyo, para evitar los asentamientos diferenciales que resultan fatales para los muros, al provocar grietas.	Si la roca disponible no es porosa, la única vía de salida del agua de los estanques será en la juntas entre muros y el fondo, lo cual se puede reforzar aplicando mortero.	Cuando la piedra abunda su construcción puede resultar barata. Pero por otra parte, los muros requieren aplanarse para facilitar las labores de limpieza, lo cual incrementa su costo.
De piso de concreto y muros de tabique	Requiere de un terreno de apoyo consolidado en forma natural o mejorado y compactado para construir la cimentación, la cual puede ser de mampostería de piedra o loza corrida. Los muros deberán ser reforzados mediante castillos separados a un máximo de 3 mts.	Dado que el tabique o block son porosos, se recomienda aplanarlos por lo menos en su cara interior con mortero cemento-arena 1:3 adicionado con impermeabilizante integral y un acabado fino, para facilitar su limpieza.	Son estanques que facilitan el manejo de los peces, pero requieren de cierto conocimiento de ingeniería y un costo relativamente alto.
De piso y paredes de concreto	A condición de que se haga un buen diseño y se ponga cuidado en el colado del concreto, son los más resistentes y durables.	Si se adiciona al concreto un impermeabilizante integral, se asegura la impermeabilidad máxima.	Sus ventajas se marcaron ya en lo estructural, pero son relativamente los más caros.

(Hernández, 2000).

Por lo anterior, se recomienda el uso de estanques contruidos de cemento o recubiertos de algún material sintético, ya que son los que se pueden utilizar más intensivamente. Los estanques de tierra, aunque más baratos, no permiten utilizar eficientemente el agua, ya que con caudales de moderados a altos se corre el riesgo de una erosión excesiva, generando una elevada turbidez (sólidos en suspensión y sedimentables) y en ocasiones, la liberación de sustancias tóxicas al pez.

#### 4.3.7 Estructuras Complementarias.

Por otra parte, un proyecto de estanquería no esta constituido exclusivamente por los estanques en si, ya que también, como lo marca Hernández (2000), habrán de ser consideradas las estructuras que a continuación se describen.

#### 4.3.7.1 Línea de Conducción o de Alimentación.

Esta estructura, como su nombre lo indica, es la que transporta y permite que llegue el agua desde el lugar que abastecerá (fuente) a la estanquería para su operación. Si las características del terreno, en la zona comprendida entre la fuente de agua y la estanquería lo permiten, se puede optar por un canal de conducción a cielo abierto, con la ventaja de que el agua puede conservar o incrementar su contenido de oxígeno en el trayecto.

En terrenos accidentados, para conducir el agua se tiene que recurrir a la utilización de tuberías, sobre todo si la distancia entre la fuente de agua y la estanquería es grande.

#### 4.3.7.2 Tanque o Canal Distribuidor.

Esta estructura se construye cuando se tienen dos o más líneas paralelas de estanques que arrancan del mismo punto, permitiendo controlar la cantidad de agua que se destinara a cada línea de estanquería.

#### 4.3.7.3 Pantalla deflectora.

Es la pared que se construye cerca de la cabecera final de un estanque, para mejorar la circulación del agua de la parte inferior del mismo, que en otras circunstancias prácticamente no se movería. El espacio que queda bajo esta pantalla generalmente se cubre con una rejilla removible, que permite atrapar y remover basura y evitando al mismo tiempo, la salida de los peces.

#### 4.3.7.4 Rampas de alimentación.

Son las pequeñas plataformas que sobresalen del paramento del muro en la cabecera del estanque, para que el agua entre al mismo en laminas muy delgadas y con determinada altura de caída para aumentar su contenido de oxígeno. A cambio de este elemento, en algunos casos se ha optado por construir en la cabecera del estanque un tanque receptor cuyo fondo tenga forma de embudo, en cuya parte inferior se coloca un sifón de aproximadamente 3mts. de longitud, que entra por el tanque receptor y sale por el piso del estanque a manera de "borbollón".

#### 4.3.7.5 Tubo de Control de Niveles.

Es un tubo removible que se coloca en el punto de desfoque del estanque y que permite, además del vaciado total del estanque durante su limpieza, tener dos o tres niveles de vertimiento de demasías del estanque, para facilitar la realización de ciertas tareas en el manejo de las especies.

#### 4.3.7.6 Tanque Sedimentador.

Además de los elementos principales descritos anteriormente, es necesario incluir como elemento complementario de la estanquería, un filtro o sedimentador que permita eliminar material sedimentable y en lo posible los sólidos en suspensión, estas estructuras habrán de colocarse tanto a la entrada como a la salida de la estanquería. La estructura que resulta más práctica y de más bajo costo, es el sedimentador que consiste en un depósito o tanque dividido en tres cámaras, mediante una pantalla que no llega al fondo y una segunda pared de menor altura que las paredes perimetrales a manera de vertedor interior. Esta disposición permite que los residuos se vayan asentando en el fondo y que el agua se vierta de la segunda a la tercera cámara, pase lo más libre posible de sedimentos y por lo tanto lista para ser utilizada en el cultivo o bien para ser reincorporada al cause original del agua.

#### 4.4. La Alimentación.

Este factor reviste una gran importancia dado que, junto con los factores relacionados con el manejo, son aspectos que pueden ser manejados bajo un control estricto del productor, mientras que los otros factores por lo general no pueden ser alterados ni cambiados fácilmente.

Así, la práctica de esta actividad representa sin duda, la operación más crítica de cualquier empresa acuícola, principalmente en el caso de operaciones intensivas, como los cultivos en canales de corriente rápida o en jaulas flotantes, en los que los organismos bajo cultivo dependen en un 100% del aporte nutricional proveniente del alimento balanceado (Zendejas, 2000).

En el caso de la truiticultura el alimento representa entre el 40 y el 60% de los gastos de operación, por lo que, para que las granjas acuícolas sean viables financieramente hablando, es imperativo que el alimento ofrecido a los peces en cultivo, no solo sea nutricionalmente completo y de fácil consumo, sino que además debe de ser ingerido lo más rápido posible.

La importancia económica del factor alimentación en un cultivo de trucha, ha propiciado que los productores sean más meticulosos con relación a la calidad y el costo del alimento. Sin embargo, es necesario resaltar el hecho de que es poca la atención brindada a otro aspecto igualmente importante, que es el manejo del alimento.

Un manejo no adecuado del alimento puede desencadenar en problemas ya que cuando se aplica en exceso, deteriora la calidad del agua y el entorno acuático, dando lugar a enfermedades y elevación de los costos de producción. Por el contrario, una alimentación restringida limita el potencial productivo de la operación en cuestión.

Por lo anterior resulta vital conocer todos los aspectos relacionados tanto con las técnicas de manejo del alimento, como de los aspectos intrínsecos del pez a cultivar, como son los hábitos alimenticios y sus requerimientos nutricionales.

En términos generales, un alimento se puede considerar como una sustancia orgánica o inorgánica que sea fuente parcial o total de los nutrientes que requiere un organismo para sobrevivir, crecer y desarrollarse. Bajo este criterio simplificado, la acuicultura cuenta con diversos alimentos que han de considerarse al momento de emprender un cultivo (Vergara y De la Garza, 1988).

En este sentido, la trucha arco iris es una especie eminentemente carnívora, alimentándose en sus primeras etapas de vida a base de zooplancton y ya en

su etapa adulta de una gran variedad de insectos acuáticos y sus larvas, insectos terrestres, moluscos, anélidos y pequeños peces.

Partiendo del hecho de que la trucha es carnívora, las dietas que se emplearon en los inicios de la truiticultura consistían principalmente de los órganos y vísceras de animales de sangre caliente, mezclados con pescado fresco y en algunos casos con forrajes secos. Sin embargo, el uso de productos frescos presentaba algunas desventajas como son los costos de congelación, almacenamiento, dificultad de su distribución, contaminación del agua, etc. (Guevara, 1999).

#### 4.4.1 Alimentos Balanceados

Posteriormente y luego de un largo proceso de investigación y experimentación se fueron determinando con precisión los requerimientos nutricionales de estos peces. Este hecho permitió el desarrollo de la industria de los alimentos balanceados para trucha, los cuales aparecieron en el mercado en la década de los años cuarenta, siendo en un principio nutricionalmente incompletos, por lo que se hacía necesario incluir algún suplemento de alimento fresco, una o dos veces por semana.

En la actualidad las fórmulas han sido mejoradas, al grado de llegar a constituir alimentos perfectamente balanceados, siendo este el principal factor por el que la mayoría de los criaderos comerciales emplean exclusivamente este tipo de alimentos, desde que el alevín inicia su alimentación y hasta el momento de su cosecha. Algunas otras razones que favorecen el uso de alimentos balanceados son, su economía, su facilidad de almacenamiento y de suministro, razones por las que el concentrado granulado representa el mejor programa de alimentación concebido hasta hoy en día.

De esta manera, podemos decir que un alimento balanceado es un producto de carácter industrial, que ha sido formulado conforme el requerimiento nutricional del organismo a cultivar. Su elaboración y técnicas de manejo (información que debe proporcionar cada fabricante), permite conocer al productor la ración que se debe de suministrar, lo que a su vez, permite realizar proyecciones de los rendimientos que obtendrá con relación a su factor de conversión. Sus presentaciones van desde el polvo fino hasta las hojuelas, pellets y o galleta extrudida (Vergara y De la Garza, 1988).

Independientemente de la presentación del alimento, será importante observar un estricto control de la calidad de los ingredientes a utilizar en los alimentos para acuicultura ya que un alimento terminado, no puede ser superior a la calidad de sus ingredientes (Zendejas, 2000).

Por lo general estos alimentos son relativamente caros, por lo que es importante analizar la rentabilidad de un proyecto que tenga como insumo a un alimento balanceado. A medida que las condiciones de cultivo sean apropiadas, que el alimento balanceado cumpla con los requisitos nutricionales y que su manejo sea adecuado, los proyectos de inversión con mercados bien definidos y aprovechados de manera óptima, podrán alcanzar las metas propuestas, sin embargo, el uso de alimentos en proyectos de cultivo de peces de bajo precio o en proyectos de autoconsumo, generalmente no llegan a prosperar (Vergara y De la Garza, 1988).

Por esta razón, es importante evaluar periódicamente estos insumos y vigilar que los fabricantes de alimento, aseguren de manera responsable, la calidad de los alimentos balanceados que elaboran.

Por lo anterior, podemos agregar que la introducción de alimento a un sistema de cultivo, implica confrontar una problemática logística, biológica y económica, que debe analizarse detenidamente al momento de la formulación del proyecto.

#### 4.4.2 Aspectos Generales de la Alimentación.

Así, desde el punto de vista de la administración de una granja acuícola que requiere alimentación artificial, el primer paso es definir de manera clara las técnicas de alimentación adecuadas y que por lo tanto permitan marcar objetivamente aspectos como, la cantidad y calidad del alimento que se deberá suministrar a los organismos a lo largo del cultivo. La proyección del gasto en la alimentación, es indispensable para programar los fondos necesarios para adquirir el alimento y para definir la estrategia de alimentación.

En este momento habrá que mencionar, que para fines de este trabajo solo se hará referencia a la alimentación mediante formulas balanceadas, que es la que se utiliza casi exclusivamente en el cultivo de trucha ya que el uso de este insumo es un requisito indispensable para intensificar los cultivos y lograr un óptimo aprovechamiento de las instalaciones, persiguiendo los objetivos que se enlistan a continuación.

Principales objetivos de las técnicas de alimentación:

- Propiciar un consumo rápido del alimento
- Minimizar el lavado de nutrientes hidrosolubles
- Minimizar el desperdicio de alimento
- Minimizar el gasto de energía metabólica por alimentación, lo que se traduce en un mayor potencial para el crecimiento



#### 4.4.2.1 Tipos de alimento.

Actualmente los alimentos comerciales para truchas se presentan en dos tipos que son: peletizados (sumergible) y extrudisados (flotantes), los cuales se presentan en gránulos que varían de tamaño según el tamaño del pez que se alimenta.

Ambos tipos presentan características particulares, que los pueden hacer adecuados a diferentes tipos de sistema de producción, así, el alimento flotante puede ser muy favorable en sistemas de producción extensivos o semi - intensivos, con estanques de grandes dimensiones y flujos o velocidades del agua, más bien bajos, ya que el alimento permanecerá flotando durante más tiempo y la mayoría de los peces tendrá acceso a su ración correspondiente.

Por el otro lado, en los canales o estanques de corriente rápida, donde los peces ocupan toda la columna de agua, cada uno en su parte de territorio correspondiente, los alimentos peletizados, proporcionados de manera uniforme en toda la superficie del estanque y al hundirse lentamente, logran una excelente dispersión garantizando así la disponibilidad de alimento, para cada uno de los peces confinados en el contenedor (Klontz, 1988; Portilla, 2000).

Independientemente del tipo de alimento que se vaya a suministrar, este deberá cubrir la mayoría de los siguientes requisitos:

- Que cubra los requerimientos nutricionales conocidos
- Que sea alimento fresco
- Que este libre de micotoxinas
- Que la fracción grasa no este rancia
- Que sea estable en el agua, acorde al esquema de explotación para el que fue diseñado
- Que sea atrayente a la especie objetivo
- Que presente una palatabilidad adecuada, que fomente su consumo
- Que presente tamaños adecuados al grado de desarrollo del pez

(Zendejas,2000)

#### 4.4.2.2 Calidad Nutricional.

Es el aspecto más importante que debe cubrir el alimento y que combinado con una practica de alimentación adecuada y el uso del tipo de alimento favorable, permitirán alcanzar la T.P.C. que el sistema permita. Para que esto se pueda cumplir, la dieta debe de contener cantidades adecuadas de;

proteína digerible que debe de estar presente en un porcentaje de alrededor del 40%, en cuanto a los lípidos digestibles se refiere, el alimento deberá contener entre 8 y 15%, los carbohidratos y fibras no deberán excederse del 10%. Todo esto complementado con una adecuada premezcla de vitaminas y minerales.

Es importante mencionar que de la calidad de los elementos utilizados para elaborar el alimento, dependerá en gran medida el satisfacer las necesidades energéticas de la trucha para alcanzar su tasa máxima de crecimiento permisible, que es de entre 3525 - 3650 kilocalorías, por kilogramo de peso ganado, lo cual se menciona en el sentido de que, un alimento que presente un contenido de proteínas de alrededor de 40% , determinado después de un análisis bromatológico, no necesariamente deberá proporcionar buenos resultados en la producción, lo cual dependerá como ya se menciona, de la calidad, digestibilidad y grado de asimilación, de los nutrientes utilizados.

#### 4.4.2.3 Eficiencia del alimento.

El grado de eficiencia de un alimento, dependerá en gran medida de los puntos mencionados anteriormente, así como de una adecuada practica de la alimentación de los peces y aunque no debe de utilizarse como una medida absoluta de productividad, sí es un indicador del grado de calidad del alimento que se suministra y que se reflejara en los costos de producción de la factoría.

#### 4.4.2.4 Tasa de alimentación.

La cantidad de alimento que requiera el cultivo se debe basar en análisis cualitativos y cuantitativos bien fundamentados, por lo que a continuación se marcan algunos de los objetivos relacionados con las técnicas de alimentación en el cultivo de truchas (Vergara y De la Garza, 1988; Zendejas, 2000).

La tasa de alimentación define la cantidad de alimento que estará disponible para los organismos cultivados, en este sentido se puede decir que la tasa de alimentación es el regulador del motor de crecimiento de los peces de la granja y como regla general se tiene que, dado que las tasas máximas de crecimiento están relacionadas de manera inversa con el tamaño del pez y disminuyen con la edad, la tasa de alimentación de igual manera disminuirá conforme aumente la edad y tamaño de los peces. Dicho porcentaje, como ya se menciona no es fijo, pero la cantidad absoluta de alimento aumenta, por el hecho de que la biomasa total se ha incrementado.

De lo anterior, se desprende la necesidad de modificar la tasa de alimentación, en concordancia con el tamaño y edad del organismo, lo que hace que la determinación del tamaño óptimo de la ración sea una de las tareas más difíciles de determinar en acuicultura (Klontz, 1988; Zendejas, 2000).

El tamaño de la ración, normalmente se calcula como un porcentaje de la biomasa presente en el sistema de cultivo, por lo que la estimación precisa de esta nos permitirá fijar la cantidad adecuada. Para esto se requerirá contar con el número, lo más preciso posible, de los organismos del estanque y el peso promedio de estos. Estos datos estarán disponibles en los registros y monitoreos del proceso productivo y serán tan confiables, como responsable sea el manejo de la producción.

Por otra parte, la ración alimenticia que se proporciona, debe de asegurar de un 70 a 100% de la tasa permisible de crecimiento (T.P.C.), que el sistema pueda permitir. Raciones que no permitan alcanzar el mínimo, equivalen a raciones de hambre y la T.P.C. se ve afectada negativamente, al igual que la calidad y condición del pescado. Por el contrario, alimentar con raciones que cubran más del 100% de los requerimientos para alcanzar la T.P.C. , Traerán consigo un desperdicio de alimento (y de dinero), así como un aumento en el deterioro de las condiciones del sistema.

#### 4.4.2.5 Frecuencia de alimentación.

La importancia de la frecuencia de alimentación, radica básicamente en asegurar la mínima tasa de conversión alimenticia posible, así como la mínima dispersión de tallas de los peces de un estanque (Klontz, 1988; Zendejas, 2000). Por lo que es importante determinar la óptima frecuencia de alimentación para las especies en cultivo.

Aun cuando no se tiene un consenso general en cuanto al número de raciones que se deben suministrar en un cultivo, se acepta como regla general que la frecuencia alimenticia disminuye conforme crecen los peces y que lo recomendable ante la duda, es suministrar el alimento tantas veces al día, como la economía lo permita.

En este sentido Zendejas (2000) (citando a Piper et al., 1982), resalta ciertas recomendaciones relacionadas con este punto, las cuales son:

- Para un óptimo crecimiento y FCA, cada aplicación de alimento deberá ser el 1% del peso corporal. Por lo tanto, si la ración del día es del 5% del peso corporal, el pez deberá ser alimentado cinco veces al día.
- La aplicación frecuente de alimento, reduce el ayuno y el enanismo, dando lugar a una mayor uniformidad en la distribución de tallas.

#### 4.4.2.6 Tamaño del Alimento.

En este caso la sugerencia que se hace es proporcionar el tamaño de partícula, en función del pez más chico del estanque, lo cual favorece la uniformidad de tallas ya que los peces grandes no se hacen más grandes ni los chicos más chicos, al ofrecerse una partícula alimenticia accesible para todos los peces, cosa que no sucedería si se proporcionara una partícula grande, que solo los peces grandes podrían consumir.

#### 4.4.3 Técnicas de alimentación

En términos generales, los organismos cultivados pueden ser alimentados en dos formas: manualmente o utilizando dispositivos alimentadores.

##### 4.4.3.1 Alimentación manual

La alimentación manual o al boleo, es el método más común en los sistemas de cultivo semi-intensivos y es usado en menor grado en menor grado en operaciones intensivas (Zendejas, 2000). Esencialmente ésta técnica implica la distribución de una cantidad conocida de alimento, en el sistema de cultivo y presenta la ventaja de que el truchicultor puede observar el comportamiento y determinar la avidez con que las truchas responden al estímulo alimentario cuando los pellets tocan la superficie del agua, lo que puede ser utilizado como uno de los indicadores del estado de salud de los peces (Klontz, 1991; Portilla, 2000).

Cabe mencionar, que este es el método más frecuentemente usado por la mayoría de los productores del estado, lo que se explica por el hecho de que estas unidades en general son de tamaño pequeño.

##### 4.4.3.2 Alimentadores automáticos.

Los comederos automáticos programados para liberar una cantidad predeterminada de alimento con una frecuencia ajustada por el piscicultor, tiene la ventaja de distribuir una mayor cantidad de veces durante el día el alimento, que si se hiciese a mano.

Sin embargo, como cualquier aparato mecánico, si se desajusta o descompone puede ocasionar desperdicios o la no distribución del alimento.

##### 4.4.3.3 Alimentadores de demanda

Los comederos de libre demanda, tiene la ventaja de que los propios peces definen las cantidades de alimento a ingerir. Son muy populares ya que

supuestamente aporta ventajas como, la disminución de la mano de obra y mejora las tasas de conversión alimenticia.

Sin embargo, tienen la desventaja de que si no están bien ajustados, o los mecanismos de liberación se atascan, pueden producir un enorme desperdicio de alimento, además de que, al igual que con los alimentadores automáticos, propicia un incremento en la variación de las tallas, ya que los peces más grandes y agresivos ocupan los espacios cercanos al dispositivo.

#### 4.4.4 Almacenamiento de los alimentos.

El almacenamiento inadecuado de los alimentos es una de las causas más ignoradas de problemas nutricionales en la cría de peces, un almacenamiento inapropiado del alimento puede conducir a deficiencias vitamínicas (principalmente en vitamina C), a la rancidez de grasas y a problemas de deficiencia proteica. Para la mejor cría de peces, el alimento debe de estar fresco, es decir, que debe de tener menos de 3 meses de almacenado, en un lugar fresco y seco.

#### 4.4.5 Efectos del Alimento en la Calidad del Producto.

A este respecto, Zendejas (2000) citando a varios autores, hace ver que un alimento de buena calidad no deberá conferir ningún sabor desagradable o fuerte a la trucha producida en un sistema de producción acuícola. Sin embargo, es recomendable depurar el producto antes de que salga al mercado, lo cual se consigue poniendo en ayuno a las truchas 48 horas antes de ser sacrificadas, de preferencia en un estanque con buen flujo de agua limpia.

En cuanto a la apariencia, el mercado exige animales de buena coloración y textura de carne, lo que no se ve afectado de manera negativa por el suministro de alimento, presentándose, incluso, el caso de que las truchas pigmentadas por el consumo de alimentos que incluyen estos aditivos en su elaboración, son consideradas de mejor calidad, alcanzando mayores precios.

#### 4.5. El Manejo

En el ámbito de la acuicultura y en particular dentro de los cultivos de aguas interiores, la producción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es tal vez la rama que más rápidamente se ha desarrollado, sin embargo el número de unidades que cuentan con un encargado o jefe de producción, o al menos cuentan con una supervisión periódica por personal calificado, no llega tal vez ni al 10% lo cual es motivo de un análisis y discusión profundo.

En este sentido, en la mayoría de las granjas piscícolas, los estanques se construyen con dimensiones caprichosas, los peces a menudo se "siembran" en los estanques de una manera arbitraria en cuanto al número y cuando los estanques se ven un poco sobre poblados, las densidades se reducen (también arbitrariamente), seleccionando a los peces por talla y transfiriéndolos a otros estanques. Estos peces generalmente se alimentan diariamente, aunque sin control, y en muy pocas ocasiones se evalúa el crecimiento y la conversión alimenticia.

Por todo lo anterior y algunos aspectos más que afectan a la fase productiva, es que se hace necesario el que biólogos o técnicos calificados, estén presentes en el proceso productivo, para así asegurar que el conocimiento científico y tecnológico desarrollados en la materia, nos permitan hacer un aprovechamiento más eficiente y racional de los recursos naturales con que se cuenta.

En el manejo de cualquier cultivo de peces, es necesario informarse bien sobre los requerimientos y características que cada especie presenta, para poder hacer un diagnóstico objetivo de las condiciones presentes y proponer en consecuencia, el programa de manejo y producción más adecuado a estas condiciones.

##### 4.5.6 Biotecnología del Cultivo

Un sistema de cultivo intensivo, como el de la trucha, puede cubrir el ciclo completo de producción o solamente algunas etapas del ciclo biológico, pudiendo ser de producción de huevo y o crías, o bien de producción de trucha para consumo, también llamada de engorda

###### 4.5.6.1 Reproducción

La reproducción de la trucha implica una selección continua, durante la época reproductiva, de los organismos que serán desovados, los cuales deberán de

cubrir ciertas características en cuanto a peso, talla, salud, madurez sexual, etc.

Una vez seleccionados, los reproductores son separados por sexo hasta el momento del desove, en el cual, personal calificado manipula a los organismos a fin de obtener los gametos y de manera artificial inducir la fecundación, mediante el método conocido como "seco" (Aguilera, 1985).

Actualmente esta actividad es realizada casi exclusivamente por los centros productores de gobierno, los cuales destinan sus producciones al fomento de la actividad trutícola de su ámbito de influencia. Lo anterior puede ser explicado por el hecho de que la reproducción implica además de contar con instalaciones específicas para su desarrollo, también considera destinar agua, peces, estanques y recursos económicos para mantener a los reproductores y en su momento las crías.

Desde este punto de vista los productores de trucha prefieren adquirir los peces para cultivo, a través de las donaciones de los centros gubernamentales y en su caso complementar su necesidad de organismos, comprando huevo oculado y o crías.

#### 4.5.6.2 Incubación

Una vez fecundados, los huevecillos son depositados en las incubadoras en las que se llevara a cabo el desarrollo embrionario, bajo condiciones controladas con el propósito de lograr el mayor índice de sobrevivencia posible. Estas incubadoras pueden ser de diverso diseño, así podemos encontrar las canaletas (de concreto, madera, fibra de vidrio o aluminio) por las que fluye una corriente de agua y en cuyo seno se depositan canastillas o bastidores de fondo de tela de mosquitero, que sostienen a los óvulos fecundados.

Otro sistema de incubación más tecnificado, lo constituyen los sistemas verticales de charolas en el que una estructura a manera de gaveta de cajones sostiene una serie de charolas sobre puestas de fondo de malla oblongada, estas charolas son mantenidas mediante un flujo de agua que al descender pasa de charola en charola, manteniendo húmedos y oxigenados a los huevos.

Un tercer tipo de incubadora, consiste de recipientes invertidos (de vidrio u otros materiales), con un flujo ascendente de agua que mantiene suspendidos a los huevos durante su desarrollo embrionario. El agua rebosa por la parte superior para ser canalizada y eliminada.

La duración del período de incubación es inversamente proporcional a la temperatura del agua, marcándose a continuación una tabla en la que se indican algunas combinaciones "grados-días".

Como medidas profilácticas, se recomienda además de usar el agua de mejor calidad posible, incluir sistemas de filtración antes de usarse en las incubadoras. Por otra parte, la extracción periódica del huevo muerto (huevos blancos y opacos) evita la propagación de enfermedades infecciosas principalmente de origen micótico.

Tabla 10  
Duración del período de incubación en función de la temperatura del agua

Temperatura	Duración de la incubación
4.4 °C	80 días
7.2 °C	48 días
10.0 °C	31 días
12.8 °C	24 días
15.6 °C	19 días

(Guevara, 1999)

Durante la etapa del desarrollo embrionario se reconocen tres fases, desde el comienzo de la incubación y hasta que los alevines comienzan a alimentarse a partir de fuentes externas.

Estas etapas son:

- Desde la fertilización hasta la aparición de los ojos (oculación)
- Desde la oculación hasta la eclosión o nacimiento
- Desde la eclosión hasta la absorción del saco vitelino

#### 4.5.6.3 Alevinaje

Este periodo comprende el periodo en que los peces presentan la bolsa que contiene el vitelo, el cual esta formado principalmente por proteínas de las cuales el pez se nutrirá durante este tiempo. El tiempo que dura el alevinaje es variable, dependiendo de la temperatura del agua, acortándose conforme la temperatura aumenta.

El manejo que se realiza en esta etapa es relativamente bajo ya que una vez dentro de las tinas o canaletas, el trabajo se limitara a mantener un flujo de



agua similar al de la incubación y conservar limpios estos depósitos, proceso que se realiza por medio de plumas de ave, con las que literalmente se barre el fondo de la tina, y de sifones, con los que se extraen diariamente tanto los alevines muertos como los sedimentos depositados en el fondo.

Durante esta labor se deberá provocar un movimiento suave de los alevines, a fin de evitar grandes hacinamientos que pueden provocar algunas muertes por anoxia.

#### 4.5.6.4 Crianza

La etapa de cría inicia en el momento en que los alevines han absorbido completamente las sustancias del saco vitelino y comienzan a nadar, momento en el cual debe de suministrarse su primera comida artificial, a fin de que el pez aprenda a reconocer el alimento balanceado.

Durante este período se utilizarán inicialmente las mismas tinas de alevinaje, aunque para entonces habrá de incrementarse considerablemente el flujo de agua, para que posteriormente, cuando los pequeños peces alcanzan de tres a cuatro centímetros, sean trasladados a estanques externos, los cuales se recomienda presenten al menos una zona sombreada, a fin de que los peces se adapten gradualmente a la luz y condiciones ambientales.

A partir de este momento se inicia el seguimiento del programa de producción, procediéndose a realizar muestreos periódicos y separar a los pececillos por tallas homogéneas, de tal manera que se evite el canibalismo y se aproveche más eficientemente el alimento.

El manejo y cuidados en esta etapa son muy importantes, teniendo que una vigilancia cuidadosa de los peces evitará la mayoría de los problemas que pudieran presentarse. Los cuidados básicos comprenden el abasto suficiente de agua de buena calidad, la limpieza de canaletas y o estanques cuando menos una vez al día, el mantenimiento de densidades adecuadas con una baja dispersión de tallas y una alimentación adecuada.

Con respecto a este último punto, habrá que mencionar que una buena alimentación durante esta etapa asegura organismos de buena calidad para la etapa de engorda, debiéndose tener cuidado en suministrar una tasa de alimentación óptima y proporcionar el tamaño de partícula alimenticia adecuado a cada talla de los organismos.

#### 4.5.6.5 Engorda

Cuando los peces han alcanzado unos veinte gramos de peso (aproximadamente diez centímetros) puede iniciarse la etapa de engorda, la cual contempla el seguimiento del plan de producción descrito al inicio de este apartado, fijando su meta, en la producción de peces de alrededor de 350 gramos de peso en el menor tiempo posible y con el menor gasto permisible.

Los procedimientos de rutina para el manejo de cualquier sistema intensivo de producción deben de incluir:

- Alimentación
- Limpieza y mantenimiento de instalaciones
- Selección por tallas y cosechas
- Muestras y control del proceso
- Manejo de efluentes

Dado que ya han sido mencionados los aspectos relacionados con la alimentación, la selección por tallas y de los muestreos, se describirá de manera general lo relacionado con la limpieza y el manejo de efluentes.

Entre las actividades rutinarias que deben de realizarse en cualquier granja, están las de limpieza y mantenimiento en las que se incluyen:

- La revisión y limpieza de sistemas de captación, particularmente las mallas de separación de hojas o en su caso los filtros, con la frecuencia necesaria
- Limpieza de mallas de salida de los estanques, por lo menos tres veces al día
- Diariamente deben de sifonearse los sedimentos acumulados a la salida de los estanques
- Semanalmente deben cepillarse las paredes y fondo de los estanques (siempre que no sean rústicos), a fin de evitar el crecimiento de musgos, algas etc. y remover depósitos de sedimentos y alimento desperdiciado
- Diariamente deben de colectarse los peces muertos y debe de llevarse un registro de los mismos por cada estanque
- Los canales de distribución, fuente de abastecimiento de agua, estructuras de captación, etc., deben mantenerse limpios y libres de peces ya sean silvestres o de los que escapan del sistema
- Cada seis meses como mínimo deben de ser removidos los sólidos acumulados en la (s) fosa (s) de sedimentación

- Los caminos y pasillos por donde circula el personal, deben mantenerse libres de objetos que obstruyan el paso y cuidar que no existan zonas resbaladizas que puedan ocasionar accidentes

Con respecto al control de efluentes (Portilla, 2000), actualmente existe la preocupación por parte del gobierno de mexicano, sobre el impacto ambiental de los efluentes de granjas acuícolas. Este impacto se evaluará midiendo la concentración de nitrógeno total, fósforo, sólidos disueltos y en suspensión, la carga de coliformes y la demanda bioquímica de oxígeno, principalmente. La concentración de estos elementos en sistemas intensivos de producción, puede ser significativa y depende en gran medida de la cantidad y calidad del alimento administrado, así como del manejo que el truticultor hace del mismo.

Por esta razón, prácticamente todas las granjas deben contar con una fosa de tratamiento de los efluentes, que retenga la mayor cantidad posible de sólidos sedimentables, lo que permite disminuir la demanda biológica de oxígeno. Cabe señalar que actualmente la mayoría de las compañías productoras de alimentos para peces, estudian métodos de elaboración que permitan reducir o utilizar compuestos con mejor biodisponibilidad del fósforo, para reducir la concentración de este elemento en los efluentes.

#### 4.5.6.6 Prevención, Diagnóstico y Control de Enfermedades

Las enfermedades son generalmente la mayor causa de pérdidas en una unidad de producción, especialmente cuando estas no son prevenidas o detectadas a tiempo. Normalmente, las enfermedades son originadas por factores ambientales o nutricionales no controlados, que deterioran la condición general de los organismos y propician la aparición de enfermedades no infecciosas y o de tipo parasitario, bacteriano o viral.

Cuando la condición genética de los organismos en cultivo es la adecuada, las causas de enfermedad involucran tres factores; manipulación física, nutrición y calidad del agua. Normalmente estos factores se conjugan o se dan en cadena para propiciar la aparición de la enfermedad, ya sea por alguna deficiencia fisiológica, nutricional o por la presencia de organismos patógenos.

En cualquier caso el origen puede ser imputable al manejo o más bien al descuido en el manejo de la unidad, por lo que es de vital importancia prevenir cualquier tipo de patología, mediante una práctica adecuada de manejo, una buena nutrición y el mantenimiento de una buena calidad del agua.

En este sentido, la profilaxis comprende toda actividad encaminada a prevenir las enfermedades de peces. La prevención es el mecanismo más apropiado y saludable para los peces y para el medio acuático, evitando posibles daños secundarios por contaminación a los sistemas vivos (por sustancias químicas) que forman parte del hábitat con el cual los peces mantienen una estrecha interrelación.

De hecho, es más efectivo y económico prevenir una enfermedad que tratarla, por ellos se recomienda no cultivar peces en estanques donde la manifestación del agente patógeno es inevitable, por ello, si se desea repoblar un estanque u otro vaso acuífero superficial (lago, río, laguna) se debe hacer un estudio previo del ecosistema, proporcionando a los peces un medio ambiente favorable para su desarrollo.

Las medidas profilácticas que deben mantenerse en una piscifactoría son las siguientes:

- a) Inspeccionar y limpiar las fuentes de agua cuando menos una vez al mes.
- b) Desinfectar las unidades de crianza y el equipo auxiliar.
- c) Desinfectar los huevecillos que llegan a la piscifactoría.
- d) Desinfectar los camiones de distribución en un lugar retirado a los estanques por fuentes de agua para evitar la contaminación de la piscifactoría con sustancias químicas o la diseminación de agentes causales de enfermedades.
- e) Remover los peces muertos o moribundos diariamente.
- f) Si se reciben peces enfermos o no inspeccionados, éstos se deben mantener aislados en cuarentena, desinfectando luego el equipo utilizado para su manejo.

(Segovia y Galaviz, 1997).

Adicionalmente, la capacitación del personal que labora en la piscifactoría, para detectar y tratar una enfermedad, aumenta la posibilidad de salvar a los peces, de esta forma se puede administrar correctamente un tratamiento evitando esperar el diagnóstico de un laboratorio de patología externo a la estación, pues el uso indiscriminado de tratamientos químicos no es recomendable, es mejor realizarlos en base a una observación cuidadosa de los signos y puede significar la diferencia entre perder pocos peces o toda la producción. Las enfermedades infecciosas pueden controlarse mediante la inspección, contención y erradicación ayudados por la terapia, quimioprofilaxis, manipulación del ambiente y vacunación, con lo cual se evita el contacto entre el agente patógeno y el pez.

La identificación de las áreas de incidencia de la enfermedad se logra inspeccionando las poblaciones de peces, se recomienda no transferir peces enfermos a áreas donde no se sabe si esta enfermedad existe; la erradicación cuando es factible, puede lograrse eliminando el huésped intermediario y/o definitivo y la desinfección, con productos químicos de las instalaciones y el equipo.

#### 4.5.6.7 Transporte de Organismos

El proceso de esta actividad implica realizar el transporte de organismos en diferentes etapas de desarrollo, lo cual conlleva un riesgo normal, por lo que para poder realizarlo con el máximo de seguridad, se requiere además de una preparación adecuada, de un equipo especializado, que asegure que los organismos en sus diferentes estadios de vida, llegarán a su destino de la mejor manera posible.

Así, el transporte de huevo debe realizarse en cuanto este haya oclado, pues de lo contrario, si este se realiza varios días después, se correrá el riesgo de que los alevines eclosionen prematuramente, al presentarse una elevación de la temperatura, hecho que generalmente se experimenta durante el transporte.

El traslado de los huevos se realiza en cajas de poliuretano con bastidores perforados sobre los que se colocan los huevos oclados y envueltos en tela de manta de cielo humedecida, estos bastidores pueden apilarse y formar varias capas, pero en el primer bastidor, el más próximo a la tapa, se coloca escarcha de hielo, la cual al fundirse lentamente rociará las diferentes capas de huevo, manteniendo la humedad y temperatura requerida (entre 5 y 12 °C). De esta manera los huevos pueden ser transportados por períodos que van desde algunas horas y hasta de dos días (Fuentes, 2000).

Al arribar a su destino, los huevos deben depositarse en las incubadoras y mojarlos poco a poco con el agua del sitio donde continuarán su incubación.

En el caso del transporte de los peces, a partir de del estadio de cría, ya que en estado de alevinaje no se realiza, este presenta diferentes sistemas, siendo los más frecuentemente usados: el transporte en bolsa o tubo de nylon y; el realizado por medio de un recipiente transportador complementado por un sistema de aireación u oxigenación (o combinación de ambos).

En el primer caso, una cantidad determinada de biomasa de trucha se introduce en una bolsa o tubo de nylon, la cual se ha llenado con agua a un tercio de su capacidad, se sugiere agregar trozos de hielo y se le inyecta oxígeno, saturando el agua y la bolsa de este gas, finalmente la bolsa se sella

y se traslada, preferentemente en un ambiente aislado de la luz y de fuentes de calor.

Este sistema es el más frecuentemente utilizado (principalmente en el traslado de crías) ya que es económico y fácil de realizar. Sin embargo, cuando los viajes son largos, el riesgo de presentar mortalidades incluso totales, aumenta conforme pasa el tiempo.

En el segundo sistema las exigencias de equipo son mayores, requiriendo para el embarque de organismos, de un transportador, el cual puede ser cualquier depósito o contenedor de agua, desde un tambo de lamina, hasta un recipiente construido ex profeso para esta actividad normalmente en fibra de vidrio. Por otra parte, se deberá contar con un equipo aireador o de inyección de oxígeno. En este caso el procedimiento, consiste en introducir las truchas a trasladar, dentro del contenedor, cuidando de mantener una densidad de carga baja, en este caso se recomienda agregar al agua además de hielo, sal, que ayuda a mantener despejadas las branquias de los peces y a partir de que los peces se empiezan a introducir en el depósito es recomendable iniciar con el proceso de aireación o de inyección del oxígeno.

En el primer caso, el equipo consta de un sistema de bombeo a partir de un motor eléctrico que se conecta a la batería del automóvil, generando un chorro de agua distribuido en forma de abanico, con lo que se pretende liberar en lo posible gases tóxicos y captar algo de oxígeno ambiental.

En el segundo método, el transportador es adaptado con un sistema de mangueras conectadas a un cilindro de oxígeno, el cual descarga su chorro de gas, a través de un aditamento que permita difundir el gas en un área mayor del recipiente, utilizándose generalmente para este fin algún tipo de roca porosa.

En este sistema, con cualquiera de sus dos métodos, se dispone de un mayor tiempo para realizar el transporte, recomendando realizar inspecciones frecuentes durante el viaje, para verificar que los equipos funcionen adecuadamente.

Finalmente, habrá de hacerse la recomendación de que cualquiera que sea el sistema a usarse para trasladar organismos, estos deberán de ser ayunados al menos 24 horas antes de realizar el viaje.

#### 4.5.6.8 Comercialización

Este a pesar de ser un aspecto poco favorecido en los estudios, es parte vital en el funcionamiento de una empresa. Se puede estar produciendo el mejor artículo en su género al mejor precio, pero si no se tienen los medios para

hacerlo llegar al consumidor en forma eficiente, esa empresa podría ir a la quiebra.

En este sentido, se puede decir que en general, en cuanto a la apariencia, el mercado exige animales de buena coloración y textura de carne, que no despidan malos olores y en general que no presente malformaciones ni llagas o laceraciones producidas por enfermedades o mal manejo, por lo que el pescado producido vía acuicultura deberá seguir un control de calidad muy riguroso durante el proceso de cultivo a fin de que las producciones que se obtienen, reúnan de manera aceptable estas características.

Sin embargo, aun cuando estos aspectos se cumplen satisfactoriamente en la mayoría de los casos, su distribución se ve muy restringida, presentándose el hecho reportado por Camacho (1997), el cual menciona que de acuerdo a los resultados de una entrevista a comercializadores en restaurantes de la zona de la Marquesa, productores del Estado de México, así como a consumidores, en la que se detecta que su distribución se limita a sitios muy localizados, no presentándose una actitud de apertura de nuevos canales de comercialización mediante acciones de promoción y publicidad, debido tal vez a que la producción actual no presenta grandes problemas de mercado.

A este respecto, es posible afirmar que actualmente la trucha podría enfrentar algunos problemas de movilidad comercial, pero de igual manera podría encontrarse en un mayor número de mesas, si se contará con un apoyo permanente por parte de las autoridades, para promover su consumo y para poder expender el producto en mercados y tianguis, de manera permanente y no estacionalmente, como hasta ahora se ha hecho.

## 5. Resultados

Durante el desarrollo de este apartado, se intentara verter de la manera más clara y objetiva posible, la experiencia práctica desarrollada durante el ejercicio profesional realizado hasta ahora, marcando lo que en nuestra modesta opinión constituye la información básica para diagnosticar, proponer programas o alternativas, y manejar una unidad de producción de truchas.

### 5.1 Aspectos sobresalientes de la experiencia profesional que tienen que ver con los factores relacionados con el pez.

En este apartado, se describirán brevemente algunas de las acciones desarrolladas por el que suscribe, o bien aspectos que se consideran importantes de resaltar para una mejor comprensión del manejo de la biotecnología de este cultivo.

Como ya se menciona, al inicio del desarrollo de las actividades propias de esta profesión, en el área que motiva el desarrollo de este documento, el cultivo de la trucha arco iris solo se sustentaba en el aprovechamiento de la variedad "shasta", la cual era reproducida y distribuida por los centros gubernamentales encargados de este proceso, sin embargo, al poco tiempo productores privados promovieron la introducción y distribución de la variedad "kamloops", proveniente de los Estados Unidos de Norteamérica.

Inicialmente este hecho se vio poco favorecido, en gran parte debido a que en este caso las crías de trucha tenían un precio y en general los productores no consideraban el pago por este insumo en sus costos de producción. Sin embargo, dos aspectos importantes determinaron la apertura definitiva del mercado de crías, por una parte, el desarrollo de la truiticultura a nivel nacional genera un incremento en la demanda de crías, misma que no puede ser satisfecha por la producción de los centros acuícolas del gobierno, y por otro lado, a fin de mantener producciones continuas a lo largo del año, los productores se ven en la necesidad de comprar pío de cría, en épocas fuera de la temporada natural de reproducción de la trucha en el país.

Ambos aspectos hacen propicio el ambiente para el mercadeo de trucha en estadios primarios de desarrollo, apareciendo la figura del representante o distribuidor de los grandes productores que importaban el huevo oculado de diferentes partes del extranjero. En este caso, el hecho de conocer la mayor parte de las granjas productoras de trucha del estado y a sus representantes, abre la oportunidad de iniciarme como distribuidor y de probar suerte en la compra y venta de crías.



A este respecto, se puede decir que la introducción de la nueva variedad de trucha aporta características nuevas a la carga genética de la especie en cultivo. Esta situación se da a partir del hecho de que los organismos introducidos no se manejan de manera aislada, sino que incluso se realizan cruces con las truchas desarrolladas en el país, confiriendo a los híbridos resultantes, características favorables como lo son; una mayor altura o robustez (mayor superficie corporal) y; un incremento en su tasa de crecimiento.

No obstante, desde sus inicios la importación de los productos mencionados anteriormente se ha visto delimitada por parte de las autoridades gubernamentales, quienes han implementado un estricto control sobre las importaciones, en apego a la normatividad establecida para el cuidado sanitario y ecológico de las condiciones naturales que prevalecen en nuestro país. Este hecho, ha sido aceptado y respetado por todos los productores a sabiendas de que de esta manera, se protege tanto su inversión como las condiciones de nuestro medio ambiente, evitando así la entrada de organismos nocivos, portadores de enfermedades o que en algún momento de su desarrollo, pudieran alterar el delicado equilibrio ecológico de nuestros sistemas naturales.

Otro punto desarrollado durante la experiencia profesional, en relación a los aspectos relacionados con el pez, es el que tiene que ver con la "Potencial Tasa de Crecimiento" y con la "Tasa Permisible de Crecimiento". A este respecto, el resultado de monitoreos realizados en algunas de las granjas que fueron atendidas, permite demostrar que bajo condiciones ambientales y de manejo, adecuadas para el cultivo, los peces se desarrollan de manera acorde a las tasas de crecimiento determinadas para esta especie.

Por otro lado, cuando las condiciones ambientales o de manejo no son favorables, la tasa de crecimiento se ve restringida o limitada por alguno o varios de los componentes del sistema de cultivo. Para ejemplificar lo anterior, a continuación se describirán dos casos que se presentaron durante el período que comprende este estudio.

Caso 1. Al inicio de mis labores en la Delegación de Pesca en el Estado de México en 1987, la unidad de producción "Rancho Feshi" en el municipio de Amanalco de Becerra, fue apoyada con un prestador de servicio social que capacitaba y ayudaba en las labores propias del cultivo en esta unidad, siendo una de las funciones básicas, la de realizar monitoreos quincenales del desarrollo del cultivo, en este caso el técnico dio seguimiento al desarrollo de cuatro de los estanques de la granja, marcando los resultados de dos de los estanques reportados y que se muestran a continuación.

#### Estanque 4

Fecha	Longitud (cm)	Peso (grs)	Temperatura (°C)
Mayo 1	20.4	101.9	17.3
Mayo 16	21.8	127.1	17.3
Mayo 31	23.2	160.0	17.5
Junio 15	24.5	212.1	17.5
Junio 30	25.5	231.8	17.8
Julio 15	27.2	250.8	17.8
Julio 27	27.4	269.5	17.5

#### Estanque 8

Fecha	Longitud (cm)	Peso (grs)	Temperatura (°C)
Mayo 1	19.2	85.0	17.3
Mayo 16	21.4	101.1	17.3
Mayo 31	21.9	128.4	17.5
Junio 15	23.3	152.7	17.5
Junio 30	24.5	172.2	17.8
Julio 15	25.2	197.5	17.8
Julio 27	25.9	205.3	17.5

A partir de los datos anteriores es posible determinar la tasa de crecimiento de ambos estanques, siendo para el número 4 de 0.804 mm/día, en tanto que para el 8 fue de 0.770 mm/día. Lo anterior considerando que en los 87 días del período reportado la temperatura promedio fue de 17.5 °C, siendo que bajo estas condiciones, se debió de haber alcanzado un crecimiento mínimo (tabla 2) de entre 0.874 y 1.008 mm/día.

Cabe mencionar que en aquellos tiempos la variedad de trucha cultivada aun era la shasta y que los alimentos disponibles variaban mucho con respecto a su calidad y a su disponibilidad en el mercado y por otra parte, las técnicas de alimentación empleadas fueron con respecto a la tasa de alimento a suministrar, la de alimentar ad-libitum el primer día de la semana y la cantidad así determinada para cada estanque, era la que se proporcionaba el resto de la semana.

Caso 2. A inicios de 1995, finalizando el programa de acuicultura rural 1994, se solicitó a la brigada de asistencia técnica, brindar apoyo y asesoría a la unidad de producción "La Veracruzana" en el municipio de Valle de Bravo, por lo que entre otras cosas se propuso dar seguimiento a un lote de producción ubicado en el estanque número 2.

En esta ocasión se elabora un programa de producción que se presenta a los productores y el cual es seguido evaluativamente con el registro de crecimiento que se marca a continuación.

Registro de Crecimiento

Granja : La Veracruzana

Temperatura Promedio (°C): 13.5

Tasa de crecimiento esperada (mm/día): 0.964

Tiempo	Registros				Increm. Prom. En Long.
	Esperados		Obtenidos		
Fecha	Longitud (mm)	Peso (grs.)	Longitud (mm)	Peso (grs.)	
En/1	27	0.18	27		
En/16	41	0.69			
En/31	56	1.76			
Feb/15	70	3.62	61	2.2	0.76
Mar/2	85	6.50			
Mar/17	99	10.65			
Ab/1	114	16.31			
Ab/16	128	23.71	113	16.5	0.86
May/1	143	33.14	127	23.10	0.93
May/16	157	44.66	143.5	33.00	1.1
May/31	172	58.87	158.8	45.60	1.02
Jun/15	186	75.88	176.8	62.70	1.2

En la tabla anterior, se puede distinguir la parte de "Registros Esperados", donde se marcaron los valores calculados en base a los datos de la tabla 2, y la parte de los "Registros Obtenidos", donde se marcaron los resultados promedio de los inventarios quincenales. Como se puede ver, en la parte de resultados obtenidos, después de la siembra sigue un período de seis quincenas, en el que solo en febrero se presenta un registro, período que representa el final del programa de acuacultura rural 1994 y por lo tanto el final de la asistencia técnica y del seguimiento al programa de producción, esto desgraciadamente trae consigo lo que sucede en la generalidad de unidades de producción rurales que inician sus actividades y que es el abandono total o parcial de las actividades sistemáticas, programadas previamente.

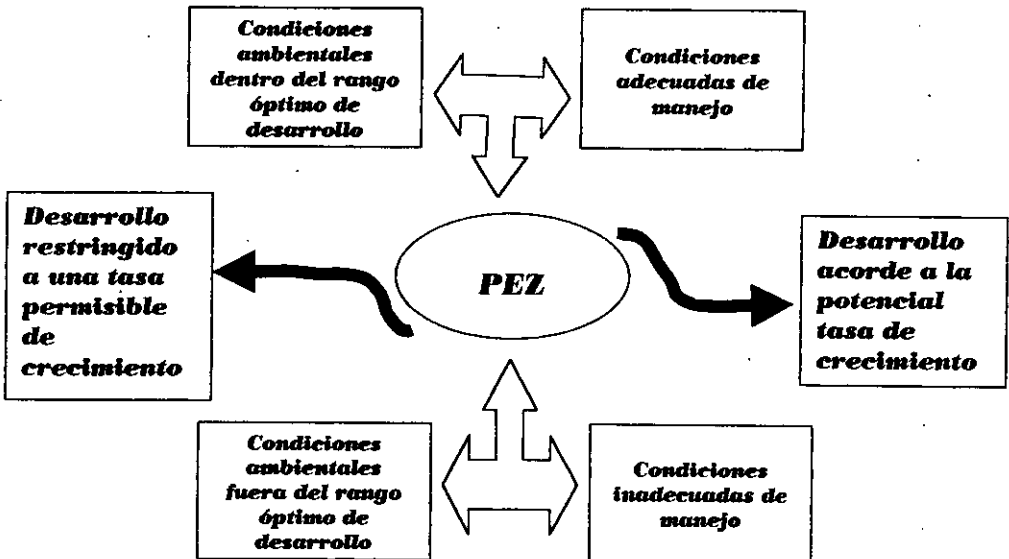
Este abandono se observa, sobre todo en los resultados de los monitoreos del 15 de febrero y del 16 de abril, en los que se presentan los incrementos promedio en longitud (tasa de crecimiento) más bajos ya que como se marcaba en las acotaciones que preceden a la tabla, la tasa de crecimiento

mínima esperada que era de 0.964 mm/día. En contra parte, en los períodos siguientes nuevamente se presta atención al programa de producción, en particular al de alimentación, revirtiendo la tendencia y alcanzando tasas de crecimiento acordes a los propuestos en la tabla 2.

En base a estos resultados se acepta que los datos teóricos de la tabla 2, se ajustan a un crecimiento real, posible de alcanzar por los organismos en condiciones de manejo favorables, lo cual sirve de base para poder establecer el desarrollo de un programa de producción computarizado, como el que se muestra en la pagina 8, del capítulo correspondiente a los factores relacionados con el manejo, y que entre otras aplicaciones prácticas fue útil entre otras cosas para la elaboración de cotizaciones para la venta de alimento y en el desarrollo de la parte técnica en la formulación o evaluación de proyectos.

En el siguiente diagrama (figura 1), se ejemplifica la manera en que los factores ambientales y los de manejo afectan al crecimiento de los peces en cultivo.

Figura 1  
Representación esquemática de la forma en que el crecimiento de un pez, se ve afectado por los factores ambientales y de manejo



De lo anterior, se puede concluir que en los aspectos relacionados con el pez o más bien con la especie en cultivo, el desarrollo de investigaciones y el impulso del conocimiento más a fondo en los programas de estudio de las instituciones de educación superior, en lo que se refiere a diferentes materias, sintiendo en lo personal que habría que poner énfasis en aspectos prácticos y reales como:

- a) La genética, que permitirán como se dio en este caso, obtener organismos mejor adaptados y de óptimo desarrollo, recordando que por ejemplo en otras partes del mundo, la generación de organismos triploides e incluso de clonaciones ya es una realidad, abriendo opciones que con un manejo adecuado, pudieran dar respuesta a muchos de los problemas que se presentan en la generación de alimentos.
- b) La microbiología, enfocada a los aspectos patológicos-sanitarios de los peces, que preocupan a la gran mayoría de los acuicultores y que en general son poco conocidos y manejados, incluso por médicos veterinarios.
- c) La histología, aun cuando en este caso se puede decir que los conocimientos adquiridos en la escuela fueron de gran utilidad, cabe mencionar que la actualización en nuevas técnicas histopatológicas permitirán tener un mejor conocimiento y control de los problemas que pudieran suscitarse en el desarrollo de la acuicultura en general.
- d) El desarrollo de los organismos, visto desde un punto integrado en sus aspectos fisiológico y metabólico.
- e) La ecología, desarrollando modelos de impacto ambiental, tanto para casos cuando se introducen nuevos organismos o diversos compuestos químicos (alimentos, fertilizantes, etc) a un sistema ecológico, o bien, cuando se hace el aprovechamiento de alguno de los factores biótico o abiótico del sistema, a fin de poder determinar los límites máximos de ese aprovechamiento.

En general estos son algunos de los puntos que con respecto a este factor de producción, son básicos de conocer para atender de manera más acertada y profesional los problemas de la actividad en que se desarrolla esta experiencia profesional.

## 5.2. Aspectos sobresalientes de la experiencia profesional que tienen que ver con los factores relacionados con el agua

En lo que concierne a este factor, podemos decir que las condiciones -del tiempo en que se inicia la experiencia profesional del que suscribe a la fecha-,

han cambiado de manera sustancial, tanto en sus aspectos cuantitativos y cualitativos, como en lo que se refiere a la reglamentación que para su uso se ha implementado.

A este respecto, podemos decir que mucho se ha hablado acerca del gran potencial para el desarrollo de la acuicultura que presenta nuestro país, sin embargo la perspectiva desarrollada a lo largo de la experiencia relatada en el presente documento, me permite advertir que de no hacerse un adecuado programa del manejo de los recursos hídricos, no pocos de los actuales productores pudieran verse en situación crítica en un mediano plazo.

En este sentido, podemos decir que tanto la cantidad de agua disponible para el desarrollo de esta actividad, como la calidad requerida para la misma, se han visto mermadas al paso del tiempo, al grado que podemos mencionar los casos de unidades de producción como: Fabrica La Concepción, en San Felipe del Progreso; Llano del Rayo, en Temoaya; FAIDEM, en Valle de Bravo; e incluso El Zarco, en Ocoyoacac, en las que la disminución del caudal en los últimos veinte años, ha ocasionado el cierre de al menos la primera mencionada o en el mejor de los casos, de utilizar la infraestructura en porcentajes bajos.

Paradójicamente, lo anterior determina una de las áreas que presenta un elevado potencial de desenvolvimiento para el biólogo ya que la realización de estudios de factibilidad y del manejo de recursos naturales de zonas o regiones con potencial para el desarrollo de esta o de cualquier otra actividad, así como de los estudios de impacto ambiental que estas provocaran, se presenta actualmente como uno de los campos más prolíficos de desarrollo, en lo que se conoce como la administración ambiental.

En lo que respecta a la participación que he tenido en referencia a este factor, se puede decir que esta ha sido enfocada básicamente al hecho de usar lo más eficientemente posible el recurso disponible, esto, mediante el diseño de estanques rectangulares del tipo canal de corriente rápida de dimensiones tales que permitan que estos canales trabajen hidráulicamente de una manera eficiente, manejando de dos a tres recambios de su volumen total por hora.

Por otra parte, el patrón de flujo de agua ha sido otro de los aspectos de este factor, que también se manejaron a efecto de optimizar el uso del agua disponible para la operación de las granjas, sin embargo, ya que por tratarse de aspectos relacionados con la estanquería -en particular con su diseño-, una explicación más detallada de los aspectos mencionados en este párrafo, se hará en el punto que hace referencia a los estanques.

Con respecto a la forma de captar y dirigir el agua a las instalaciones productivas, siempre se ha optado por la conducción por gravedad, no

habiéndose realizado ningún proyecto que sugiriera el aporte de agua a través del bombeo, lo cual se desprende del hecho de que durante la estancia en la granja de policultivo de Rancho Viejo en Huehuetla Hidalgo, en 1986, se pudieron comprobar de manera práctica los problemas e inconvenientes que se pueden presentar al depender de abastecimientos de agua de este tipo.

Otro aspecto igual de importante, es el que se refiere a la calidad del agua, tanto para su uso, dentro del sistema de producción, como de la que finalmente se devolverá a su cause original. Cabe decir -antes de proseguir con este punto- que en ambos casos, un seguimiento adecuado de las condiciones físico-químicas y biológicas del recurso que se utiliza, es muy difícil de realizar ya que en la práctica, generalmente no se cuenta con los recursos (humanos, económicos y materiales) necesarios para evaluar periódica y sistemáticamente el agua usada en los sistemas de producción acuícola.

No obstante a lo anterior, para determinar si las condiciones del agua son favorables para el establecimiento de un cultivo de truchas, una premisa empleada, es la que establece que las aguas frías y cristalinas de corrientes rápidas que no son afectadas por establecimientos industriales o asentamientos humanos, serán adecuadas para estos trabajos. Aunado a lo anterior, en el caso particular que aquí se describe, siempre que se pudo se hizo uso de los equipos para la determinación de los parámetros físico-químicos del agua, estos equipos para determinaciones en campo, de las marcas "Merck" o "Hatch", normalmente permitían hacer determinaciones en el campo, de los siguientes parámetros: Amonio-nitrógeno; Alcalinidad; Cloro; Dureza; Nitritos; Oxígeno disuelto; pH y; Temperatura, lo cual nos facultaba para emitir juicios más certeros.

Desgraciadamente los reactivos de estos equipos son muy limitados, lo que restringía su uso, no permitiendo el monitoreo sistemático de las condiciones del agua de las granjas en operación, usándose básicamente en las prospecciones, para determinar la factibilidad del establecimiento de las unidades de producción. En función de lo anterior, en forma particular siempre se sugirió la adquisición de instrumentos de medición, que ofrecen períodos de utilización más prolongados para la determinación de factores específicos.

Como ya se menciona, el monitoreo de la calidad del agua en las granjas en operación era muy limitado, realizándose solo en los casos en donde se presentaban problemas graves de mortalidad, o en los contados casos en que la granja pudiera llegar a ser sujeto de algún apoyo financiero y se requiriera por lo tanto, de un expediente técnico.

Con respecto del agua que finalmente salía de una unidad de producción trutícola, en los tiempos en que se iniciaba la experiencia profesional del que suscribe, solo era importante asegurar que el agua que entrara al sistema de producción, fuera la misma en cantidad que se retornara al cause de donde se había obtenido, aspecto que ha la fecha se sigue considerando. En lo que se refiere a la calidad del agua, las condiciones han variado sustancialmente, en el sentido de que poca atención se dedicaba a estos aspectos hasta antes de 1995, pero a partir de ese entonces las condiciones cambian, estableciéndose normas que pretenden minimizar al máximo posible, el deterioro de las condiciones naturales del agua, solicitándose -como una primer medida preventiva- a los productores la instalación de sistemas sedimentadores en el desagüe de las granjas, lo que actualmente ya es un requisito para poder obtener el permiso de operación.

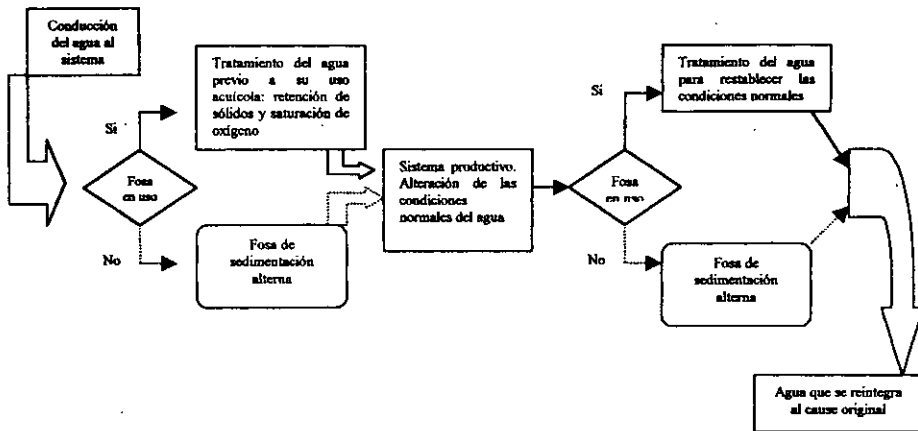
En relación a esto último, podemos mencionar que el agua que sale de una unidad trutícola, en general presentará una merma en la concentración del oxígeno disuelto, proporcional al nivel de producción y al patrón de uso del agua, acompañado esto de un aumento en su temperatura. Por otra parte, se presentará una carga considerable de sólidos sedimentables y en suspensión, además de que presentara concentraciones de moderadas a altas de Nitrógeno en sus formas de amonio y o nitritos, así como de  $\text{CO}_2$ .

A este respecto, podemos decir que en lo que se refiere a las alteraciones relacionadas con la temperatura, el oxígeno e incluso de los productos nitrogenados, las condiciones se restablecen con el correr del agua en los canales de salida o en los causes originales, acelerando este proceso con el establecimiento de saltos o caídas de agua o simplemente con obstáculos que permitan que el agua "rebote y se revuelva", liberando las substancias tóxicas y captando oxígeno ambiental.

En lo que concierne a los sólidos sedimentables y en suspensión, las trampas de sedimentación han funcionado de manera aceptable, reteniendo en condiciones óptimas, casi en su totalidad los residuos sólidos que salen de del sistema productivo, sin embargo, una observación que se ha hecho a este respecto, va en el sentido de que, una unidad que opera continuamente es difícil que realice las prácticas de desasolve y de mantenimiento de manera periódica y efectiva, permitiendo con esto la salida en diferentes grados de concentración de los residuos, los cuales impactan al ambiente natural, de manera proporcional al nivel de intensidad productiva, al generar un proceso de eutrofización de los sistemas lenticos en que vierten sus aguas los arroyos aprovechados para el cultivo.

En el siguiente diagrama, se pretende mostrar de manera gráfica el proceso al que se ve sujeta el agua al integrarse a un sistema de producción acuícola.





Por esta razón, aunque parezca un gasto doble, las unidades deberían contar con dos fosas de sedimentación, una para operar una de manera eficiente, en lo que la alterna puede estar en proceso de desasolvamiento o mantenimiento.

Cabe agregar que la instalación de este par de sedimentadores, también se sugiere para la entrada del agua a la unidad, agregando, incluso en ambos casos, la implementación de filtros de capas de conchas de moluscos alternadas con otras de carbón activado.

Para finalizar los comentarios concernientes a este factor, a continuación se detalla el procedimiento desarrollado para determinar el flujo de agua disponible (procedimiento 1), mismo que se presenta en la sección referente al manejo junto a un programa sistematizado que permite calcular el potencial productivo en función de la cantidad de agua disponible y más específicamente de la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua, el cual se considera como el factor más importante para determinar el tamaño de producción de cualquier sistema productivo.

Finalmente, se hará énfasis en el hecho de que los interesados en realizar trabajos relacionados con esta área, deberán ampliar sus conocimientos en materias como: química, físico-química, limnología, ecología e incluso matemáticas.

**PROCEDIMIENTO 1: DETERMINACIÓN DEL FLUJO O GASTO DE AGUA DISPONIBLE, POR DESPLAZAMIENTO DE VOLUMEN**

Este método permite obtener una aproximación del gasto de agua disponible en un río o canal, cuya confiabilidad será directamente proporcional al número de repeticiones en la determinación del ancho, profundidad y tiempo de desplazamiento del flotador.

Nº	acción	Observaciones
1	Fijar un transecto de río	El transecto seleccionado debe de ser lo más recto posible y su longitud debe de ser de un tamaño que permita medir el tiempo que tardarán en recorrerlo los flotadores.
2	Determinar la longitud del transecto	Fijar los puntos, inicial y final del transecto, $l_0$ y $l_1$ respectivamente, y determinar su extensión en metros.
3	Determinar el ancho medio del transecto	Medir el mayor número de veces posible, el ancho en metros, del río a lo largo de todo el transecto. Obtener la media aritmética de todas las mediciones.
4	Determinar la profundidad media del transecto	Medir el mayor número de veces posible, la profundidad, en metros, del río a lo largo y ancho del transecto. Obtener la media aritmética de todas las mediciones.
5	Determinar el volumen medio del transecto	Multiplicar la profundidad media, por el ancho medio, por la longitud del transecto. Obtener el volumen medio, en metros cúbicos, del transecto de río.
6	Determinar la velocidad del caudal del río	Desde el punto $l_0$ , medir el tiempo que tarda un flotador en llegar al punto $l_1$ realizando esta operación el mayor número de veces posible, a todo lo ancho del río. Obtener la velocidad promedio del agua en el transecto medido.
7	Obtener el gasto promedio de agua	Multiplicando por mil el volumen medio del transecto (punto 5), se obtiene el volumen del transecto expresado en litros. Dividiendo el dato anterior entre el tiempo determinado en el punto 6, se obtiene el gasto promedio de agua, en litros por segundo

### 5.3 Aspectos sobresalientes de la experiencia profesional que tienen que ver con los factores relacionados con los estanques.

Como ya se menciona al inicio de este tema, una de las funciones que el biólogo debe asumir en el desarrollo de un proyecto, es la de proponer y en su momento decidir, así en lo que a las características que debe presentar la infraestructura de una unidad de producción para un eficiente funcionamiento, a continuación se marcan las que se consideran de mayor importancia. En este sentido, se deberá indicar que elementos de infraestructura deberán incluirse en el diseño de la unidad, sus dimensiones e incluso la forma que han de presentar, para que en la práctica puedan cumplir con el objetivo de eficiencia marcado.

A este respecto, en los últimos años se ha generado la creencia de que los estanques de tipo circular son la mejor opción para un manejo eficiente del agua, argumentando por una parte, que el efecto de coriolis, implícito en el patrón de flujo de agua en este tipo de estanques, permite una auto limpieza más efectiva y, de que para su funcionamiento se requiere de una cantidad menor de agua.

Sin embargo, en la modesta opinión que se plantea en este documento, podemos decir que el aspecto de auto limpieza de los estanques rectangulares denominados canales de corriente rápida, se realiza de manera similar, bajo la condición de presentar unas dimensiones tales, que le permitan trabajar con dos o tres recambios del volumen total de agua por hora.

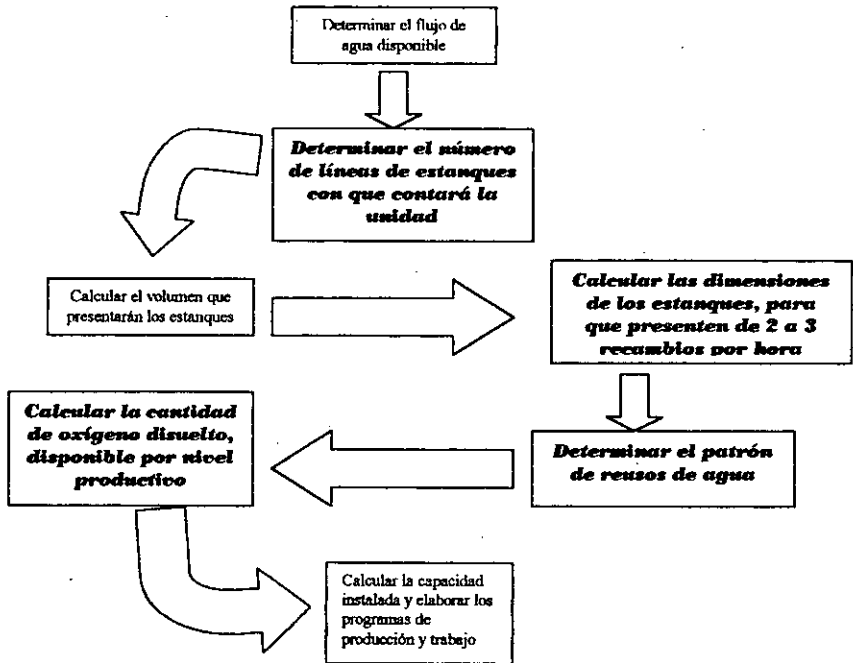
Por otra parte, la supuesta mayor eficiencia del uso del agua en los estanques circulares no presenta una explicación contundente, ni los resultados de su uso han demostrado esta aseveración, quedando como única propuesta coherente, la que refiere que la capacidad de carga en un estanque será directamente proporcional a la cantidad de agua disponible y más en particular a la concentración de oxígeno disuelto en ella.

Si a lo anterior agregamos que la construcción de un estanque rectangular se facilita más para los productores, que un estanque en forma de embudo y que los estanques circulares normalmente hacen un solo uso del agua, mientras que los estanques rectangulares pueden hacer un uso múltiple de este fluido. Esto último nos da como resultado, que los estanques rectangulares diseñados para funcionar como verdaderos canales de corriente rápida, con dos a tres recambios por hora funcionan tan o más eficientemente que los de tipo circular.

Bajo este criterio, en todas las oportunidades que se tuvo de asesorar en el diseño de estanques, siempre se sugirió la construcción de canales de

corriente rápida, determinando sus dimensiones en función del flujo de agua disponible, siguiendo el procedimiento que se desarrolla en detalle en el punto 5.5.1 del apartado "Aspectos Relacionados con el Manejo".

Finalmente, a continuación se presenta de manera esquemática el proceso que a juicio particular, se debe de seguir para establecer una unidad de producción trutícola.



#### 5.4 Aspectos sobresalientes de la experiencia profesional que tienen que ver con los factores relacionados con la alimentación.

En lo que respecta a este tema, varios son los puntos en los que se participo, representando esta, una de las partes más importantes dentro de la experiencia profesional del que suscribe, mencionando que en los inicios de esta, el uso de los alimentos balanceados apenas comenzaba a consolidarse, teniéndose conocimiento que en ese tiempo (alrededor de 1986) todavía había granjas que utilizaban alimentos frescos o vivos como parte de la dieta

de los peces en cultivo. Durante este mismo tiempo, los productores podían disponer de alimentos “para trucha” de las marcas **Purina** (decano de los alimentos balanceados para acuicultura en México) y **Albamex**. Sin embargo este insumo no era fácil de conseguir, presentándose el hecho de que los productores del estado de Hidalgo, por mencionar alguno, tenían que trasladarse a la ciudad de Toluca para poder adquirirlo.

En el tiempo a que hacemos referencia, la calidad de estos insumos tampoco era segura, lo cual podía observarse a simple vista ya que de remesa a remesa, se presentaban generalmente variaciones en la coloración y olor del alimento, lo cual hacía suponer en que medida se habían agregado harinas y aceite de pescado. Otra deficiencia observable fue la del tamaño de partícula disponible, contando generalmente con alimentos iniciadores, de crecimiento y de engorda o finalizadores, por lo que era común que los productores compraran el alimento de partícula mayor, que además era más barato, y tamizaran el contenido de los sacos, obteniendo así los tamaños de partícula requeridos. Es importante mencionar que también en este tiempo aparece en el mercado el alimento de la marca “**El Pedregal**”, el cual elaboraba alimentos exclusivamente para trucha, ofreciendo una calidad uniforme en su elaboración –lo cual en esos tiempos era ya una demanda generalizada de los productores– y una mayor diversidad en los tamaños de partícula.

Al paso del tiempo, el uso de los alimentos balanceados se afirma en las prácticas normales de manejo de las unidades de producción trutícola. En este punto, resulta importante reconocer que las empresas elaboradoras de alimentos balanceados, en términos generales, comenzaron a producir productos que presentan ya condiciones aceptables en lo que respecta a la calidad, cubriendo los requerimientos nutricionales para cada una de las fases de desarrollo de los organismos en cultivo y cuyos precios se presentan congruentes con la utilidad del producto obtenido.

Pero este desarrollo tecnológico en la producción de alimentos, genera una polémica similar a la suscitada con respecto a los estanques circulares y los canales de corriente rápida, siendo en el sentido que aquí se trata, la que se refiere al uso y beneficio de alimentos extrudizados o peletizados y en la que la mayoría de los productores y no pocos técnicos presentaron sus opiniones y preferencias hacia uno u otro tipo de alimento.

En referencia a lo anterior, es imprescindible que los productores, pero sobre todo los técnicos, conozcan el manejo apropiado de los diversos alimentos, esto con la finalidad de asesorar objetivamente con el propósito de lograr que los organismos en cultivo, se desarrollen en el menor tiempo posible y al más bajo costo, sin descuidar la calidad del producto.

En lo que se refiere a las técnicas de alimentación, estas se realizaban en la mayoría de las granjas de manera manual al boleo, *ad-libitum* (a saciedad) o a un porcentaje de la biomasa -aunque en este caso lo que normalmente se hacía, era determinar la cantidad al principio de la semana y proporcionar esta hasta el final de la misma-, en cuanto a la frecuencia, esta era variable proporcionando el alimento generalmente, de dos a tres veces al día, sin importar la talla del pez.

Dadas las condiciones que se marcan líneas arriba, se generó en lo personal, un interés particular por los temas relacionados con la alimentación, así durante la experiencia desarrollada, se incluye la determinación de la cantidad de alimento requerida en un ciclo productivo, mes a mes, lo cual se encuentra plasmado en el plan de producción, ya mencionado anteriormente y desarrollado más ampliamente en el punto referente al manejo, este resulta útil en aspectos tales como: la elaboración de cotizaciones para consumo de alimento y la determinación del requerimiento de alimento en un proyecto de inversión, entre otras.

Por otra parte, pero de igual manera, se diseñó el "Programa de Alimentación" en su versión sistematizada en formato de Excel, el cual permite calcular la cantidad diaria de alimento a suministrar en un período de tiempo previamente determinado por el productor, que generalmente se propone sea de 14 días. Adicionalmente sugiere el número de raciones en que se deberá proporcionar la ración diaria determinada para cada uno de los días del período en cuestión.

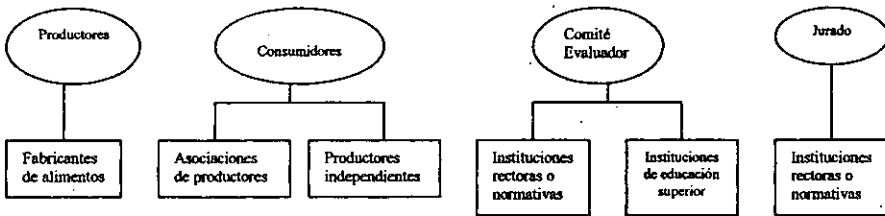
Cabe hacer mención que este programa se basa en la ecuación de Haskell (Klontz, 1991), para fijar la cantidad diaria de alimento y en las recomendaciones de Piper et al. (Zendejas, 2000), para determinar el número de raciones en que se divide la cantidad diaria de alimento a suministrar.

En este punto, en el que parte importante de la labor del biólogo es la que tiene que ver con la capacitación para el manejo de los alimentos en la operación de cualquier unidad de producción, de tal manera que a través de la implementación de algunos criterios técnico-biológicos, sea el mismo productor el que a través de los resultados de los monitoreos periódicos pueda evaluar objetivamente el tipo, la calidad, rendimiento y en consecuencia el nivel de eficiencia y beneficio económico del alimento utilizado. Más aun, el biólogo en apego al método científico y a su ética profesional, en estos casos debe ofrecer las propuestas técnicas y garantías suficientes, para que los ensayos se realicen de manera objetiva y en igualdad de condiciones, así como de interpretar y proporcionar los resultados sin ningún sesgo, que pudiera presentarse por algún interés en particular.

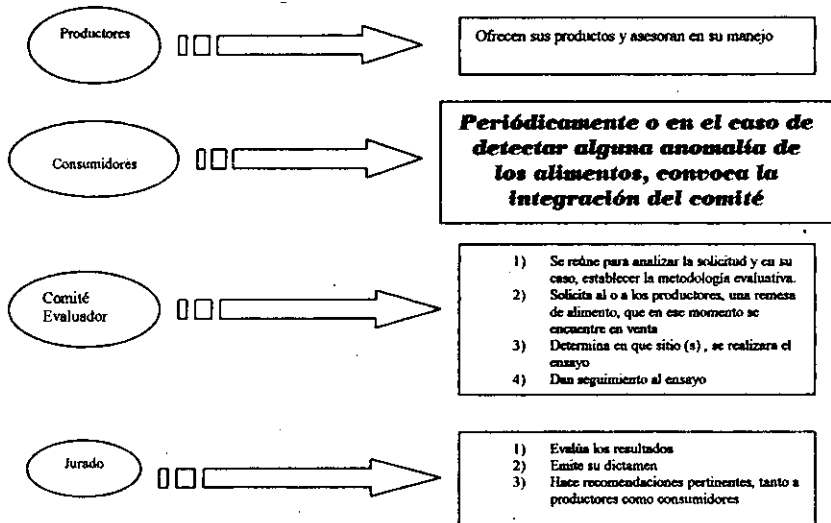
Desafortunadamente y por factores diversos, en un porcentaje importante los productores no realizan estas evaluaciones, propiciando la confusión entre los mismos, lo cual es aprovechado por los diversos intereses económicos de los distribuidores de las marcas de alimento que se presentan en el mercado.

Una de las acciones que se han implementado para resolver estas dudas y controversias, es la realización de ensayos prácticos para la evaluación de los diferentes alimentos que se ofrecen, los cuales a fin de poder presentar un enfoque objetivo, deben de ser promovidos y sancionados por los mismos productores, autoridades del ramo y preferentemente con el apoyo de instituciones de educación superior relacionadas con la actividad. A este respecto, a continuación se presenta esquemáticamente una propuesta de cómo deberían de operar estos ensayos.

### Participantes



### Funciones:



Mediante el esquema anterior, la propuesta que se hace es la de participar de manera conjunta en un ensayo evaluativo, todos y cada uno de los involucrados en el proceso productivo, pero de una manera imparcial, de tal manera que no sean los productores o los consumidores los que pretendan dar o imponer su punto de vista particular. Al mismo tiempo, las autoridades competentes del ramo y las instituciones de educación superior, ofrecen un servicio práctico, a un sector que demanda cada vez más su participación, vinculándose con las actividades productivas de un sector o región del país.

En este sentido y aun cuando el que suscribe, en el tiempo a que se hace referencia, representaba los intereses de una de las compañías involucradas, de manera constante promovía en los productores la evaluación sistemática de los alimentos utilizados, mediante la realización de los monitoreos periódicos, valorando el crecimiento obtenido y la cantidad de alimento empleada para obtener tal incremento en biomasa, lo cual finalmente podía dar como resultado, el rendimiento y el costo de producción.

5.5 Aspectos sobresalientes de la experiencia profesional que tienen que ver con los factores relacionados con el manejo.

5.5.1 diseño de estanques y capacidad de carga.

Iniciaremos con el método empleado para determinar la capacidad productiva y el diseño de la estanquería, para un proyecto que apenas iniciaría, en este sentido haremos referencia al hecho, mencionado ya, de que la capacidad productiva de una granja estará determinada directamente por el flujo o cantidad de agua de que se disponga, asimismo, esto será factor importante para el diseño de los estanques, ya que estos deberán de ser de un tamaño tal que, el agua de que se disponga nos permita manejar el número de recambios deseado, que preferentemente será de dos a tres por hora.

Como primer punto habrá de determinarse el flujo o gasto de agua disponible, a este respecto son varios los métodos que pueden ser utilizados, pero aquí solo se analizará el de desplazamiento de volumen, que es el que preferentemente se ha utilizado durante el desarrollo de la práctica profesional del que suscribe.

El material requerido para desarrollar este método, incluye:

- Una cinta métrica (generalmente una de diez metros es suficiente, dado que los arroyos utilizados no llegan a ser de gran tamaño).
- Un reloj con cronómetro
- Una calculadora.
- Papel resistente (para hacer anotaciones) y lápiz indeleble.



Este procedimiento consiste en determinar el volumen aproximado de agua, que se desplaza en un transecto determinado, por unidad de tiempo. En este caso, el volumen se determina tomando el mayor número posible de medidas, en lo que se refiere al ancho y la profundidad, del transecto de río determinado, el cual debe de ser en una parte lo más recta posible, para finalmente obtener la media de cada magnitud, longitud (fija normalmente), ancho y profundidad. Si el transecto a medir corresponde, por ejemplo, a un canal artificial con ancho y profundidad estándar, los cálculos se simplifican.

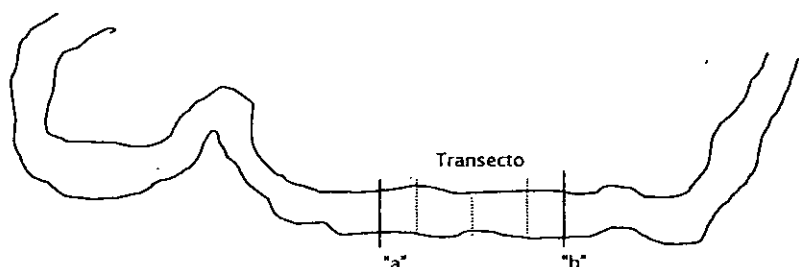
Una vez obtenido el volumen de agua aproximado, que se desplaza en el tramo medido, se procede a determinar el tiempo que tardan en desplazarse del punto "a" al punto "b" del transecto, flotadores soltados en diferentes puntos a lo ancho del tramo de río medido (figura 3).

Finalmente, contando con un promedio del volumen de agua desplazado y del tiempo que tardo en realizarse este desplazamiento, se obtiene el volumen que se desplaza en un segundo.

Aquí cabe mencionar que aunque los datos así obtenidos no son completamente exactos, pero al compararlos con los que reportaban en su momento técnicos de otras dependencias como de la Comisión Nacional del Agua, no se presentaron diferencias significativas.

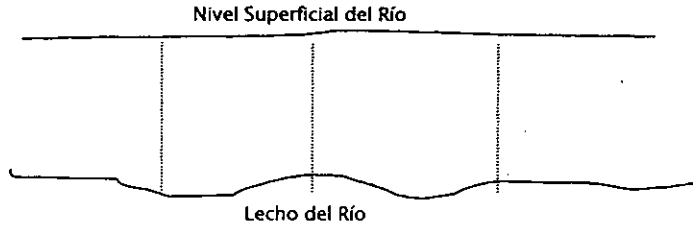
Figura 3  
Determinación del flujo de agua

a) Vista superficial del cause del río



Dado que el ancho no es uniforme (líneas punteadas), se sugiere tomar el mayor número de medidas posibles a lo largo del tramo.

b) Vista longitudinal del río.



Dado que la profundidad no es uniforme (líneas punteadas), se sugiere tomar el mayor número de medidas posibles a lo largo y ancho del tramo.

Posteriormente, para determinar el volumen que debe de tener el estanque se sigue la siguiente fórmula:

$$\text{N.R.} = \frac{\text{G.A.} \cdot 3600}{\text{vol.}}$$

Donde:

N.R.= Numero de Recambios Por hora

G.A.= Gasto de Agua expresado en metros cúbicos.

3600= Numero de segundos que hay en una hora.

vol.= Volumen del estanque

Contando con este dato se procede a determinar las dimensiones que deberán tener los estanques, para lo cual se ha de considerar la siguiente premisa: "El largo total del estanque debe de ser 10 veces el ancho, que se tenga y la profundidad promedio será de 1.0 metro". Aspectos que aseguran un funcionamiento hidráulico adecuado, el cual permite dar la característica de corriente rápida al canal, asegurando un flujo que permite la auto limpieza del estanque.

Para corroborar lo anterior se desarrollará a continuación un ejemplo ficticio.

En el paraje "La Cascada" del municipio de Amanalco, México, se tiene un arroyo del que se tiene un aforo mínimo en el estiaje, de 40.0 litros por segundo.

La metodología para el diseño de la estanquería será el siguiente:

Los estanques podrían ser grandes, en una sola línea, esto es que toda el

agua entra en un estanque y puede ser reutilizada en estanques subsecuentes (no se recomienda mas de 5 usos).

O bien podemos dividir el agua y manejar dos líneas.

La opción que se eligió fue la segunda ya que al tener mas estanques, esto nos permite hacer una mejor distribución de la población y de la producción.

Por lo anterior se tiene que para cada línea de estanques, se manejaran 20.0 litros por segundo. Y sí consideramos tener 2 recambios por hora, podemos despejar de la formula de recambios por hora, el volumen que han de tener los estanques.

Datos:

Vol.= A despejar

N.R.= 2 recambios por hora

G.A.= 20.0 litros por segundo, equivalentes a 0.020 metros cúbicos

3600= constante

$$\text{Vol.} = \frac{\text{G.A.} \cdot 3600}{\text{N.R.}}$$

Substituyendo datos.

$$\text{Vol.} = \frac{0.020 \cdot 3600}{2}$$

Volumen de los estanques = 36.0 metros cúbicos.

Tenemos entonces que el volumen de nuestros estanques, para poder manejar 2 recambios por hora deberá de ser de 36.0 metros cúbicos. Pero antes de proseguir, será importante resaltar que la determinación del flujo de agua a utilizar, deberá de ser calculada durante el estiaje ya que de lo contrario se corre el riesgo de diseñar una estanquería más grande de lo que realmente debería de ser, o bien de programar producciones que al momento de contar con menos agua, correrían el riesgo incluso de perderse.

Tomando en consideración la información obtenida, procede determinar las

dimensiones de la siguiente manera.

Formula:

$$\text{vol.} = \text{largo} * \text{ancho} * \text{profundidad}$$

Pero como la profundidad que se maneja es de 1.0 metro, esta se puede descartar. Entonces:

$$36.0 = \text{largo} * \text{ancho}$$

Pero como el largo se sugiere que sea de 10 veces el ancho, se puede simplificar a :

$$36.0 = 10 (\text{ancho}) * \text{ancho}$$

$$36.0 = 10(a)(a)$$

Que es igual a:

$$36.0 = 10 (\text{ancho al cuadrado})$$

$$36.0 = 10(a^2)$$

Despejando tenemos que:

$$\text{ancho al cuadrado} = \frac{36.0}{10}$$

$$a^2 = \frac{36.0}{10}$$

Por lo que:

$$a^2 = 3.6$$

ancho = raíz cuadrada de 3.6

$$a = 3.6^{1/2}$$

$$\text{ancho} = 1.89$$

Si redondeamos, tenemos que nuestros estanques deberán de ser de :

**18.0 metros de largo X 2.0 metros de ancho X 1.0 metro de profundidad**

Una sugerencia más acerca del diseño de los estanques es que, al final de estos se recomienda tener una pantalla que haga pasar el agua por el fondo del estanque, a fin de que pueda salir mas fácilmente el agua mas contaminada y los residuos de alimento y fecales que se depositan.

Esta pantalla se coloca a un máximo de un metro del extremo final del estanque y dentro de este espacio deberá estar el desagüe, el cual se recomienda sea manejado a base de un tubo desmontable que permita manejar diferentes niveles de profundidad.

Con esto se dispone de un espacio productivo de 2.0 X 17.0 metros o sea 34.0 metros cúbicos disponibles por cada estanque.

Una estructura más sugerida en el diseño de la estanquería, son los canales distribuidores entre cada nivel o batería de estanques ya que esta permite manejar de manera independiente a cada uno de los estanques, esto es que, aun cuando en un momento determinado un estanque no este operando, el estanque del nivel inferior puede seguir abasteciéndose de agua, misma que fluye del estanque contiguo al que en ese momento no opera.

En unidades de producción que cuentan ya con estanques construidos, la determinación de la cantidad de agua que entra en cada uno de ellos y por lo tanto del número de recambios por hora se puede obtener, conociendo el volumen práctico del estanque, esto es el volumen máximo que ocupa el agua hasta el momento en esta rebosa por su pared más distal hacia el siguiente estanque, y medir el tiempo en que tarda en darse este suceso, partiendo del momento en que el estanque estaba vacío.

#### 5.5.2 Programa de Producción.

Una vez conocidos los datos básicos de flujo de agua disponible y volumen de los estanques, se procede a desarrollar un programa de producción, que nos permita tener trucha comercial durante todo el año, y que tomara en consideración básicamente a la temperatura promedio del agua, con lo que se establecerá la tasa de crecimiento (tabla N° 1), para un periodo de crecimiento dado, que generalmente será de 15 días.

El primer paso para la elaboración de este programa será establecer la definición del producto, esto es, alcanzar el tamaño de trucha deseado, en el tiempo previsto, de acuerdo a las condiciones de la granja.

A este respecto, en su mayoría las granjas enfocan su trabajo a producir truchas de entre 250 y 350 gramos, sin embargo, existe un mercado potencial en restaurantes, que demanda filetes de un tamaño tal, que se requiere de truchas de 450 gramos en promedio para poder obtener dicho producto. Otro mercado que puede ofrecer una expectativa de producción, es el de ejemplares para pesca deportiva, actividad que demanda truchas que se encuentren por arriba de 1.5 kilogramos.

Como siguiente paso se procederá a elaborar el programa de producción, para lo cual, se seguirá desarrollando el ejemplo de la unidad de producción "La cascada", y se llevará a efecto, de la manera que a continuación se describe:

1. Determinar la capacidad de carga en función de la disponibilidad de oxígeno disuelto. Este es sin duda alguna el aspecto más difícil de realizar en el cultivo de trucha ya que para el cálculo de este dato, de una manera realmente sustentada en aspectos científicos, se requiere de información, como la presión parcial del oxígeno disuelto en el agua, el porcentaje de saturación que esto representa y la concentración de este gas que en estas condiciones se da, para lo cual se requiere contar con equipo especializado para su determinación, equipo o material con el que no cuentan la mayoría de los productores ni las instituciones gubernamentales que apoyan el desarrollo de esta actividad.

Sin embargo, basándose exclusivamente en la concentración de Oxígeno disuelto, que es el dato más factible de obtener, se han realizado cálculos de capacidad de carga que han demostrado ser efectivos en la práctica.

Uno de los métodos para calcular la capacidad de carga, tomando como factor determinante la cantidad de oxígeno disponible, es el propuesto por Portilla (2000), el cual para desarrollarse requiere de los siguientes datos:

- 1)  $O_{2e}$  = Concentración de oxígeno a la entrada del sistema
- 2)  $O_{2ps}$  = Concentración de oxígeno permisible a la salida del estanque = 5.6 ppm.

3) Caudal = Cantidad de agua que entra al estanque en litros por segundo (l.p.s.)

4) Metabolismo estándar de la especie = Consumo de oxígeno, en miligramos por hora, para truchas de una talla específica

Con los datos anteriores, se calcula el número máximo de peces que puede sostener el estanque, de acuerdo a la siguiente relación:

$$\text{Número de peces} = \frac{(O_{2e} - O_{2ps}) * (l.p.s. * 3600)}{\text{Mg/O}_2/\text{hr}}$$

Una variante de este método, se desarrollo (por parte del que suscribe) en una macro de Excel y es la que se ha usado en el desarrollo de diagnósticos y programas de producción (tabla 4), en los que se ha tenido la oportunidad de participar.

En esta variante, en el archivo "Progprod.xls" (Programa de Producción) desarrollado en Microsoft Excel, se deben de anotar en las celdas correspondientes, los datos generales de la unidad o del proyecto a elaborar, como: municipio; localidad o paraje; nombre de la unidad; tipo de sociedad etc.

Por otra parte, de igual manera se ha de insertar, de ser posible, la información técnica necesaria, que para el caso es: la temperatura; el pH; la concentración de amonio; la concentración de oxígeno disuelto (la cual, al igual que los tres datos siguientes, sí son indispensables de incluir, a fin de que corra el archivo); el flujo o gasto de agua disponible ; el número de divisiones en que se ha de partir dicho gasto de agua; el número de recambios de agua sugeridos y; la altura de la caída de agua entre cada nivel de estanquería.

Incluida la información marcada como indispensable, el programa procesa los datos y genera como resultados: el volumen de los estanques; sus dimensiones y la capacidad de carga.

**Tabla 4**  
**Programa para determinar el tamaño de estanques y la capacidad de carga,**  
**en función de la disponibilidad de oxígeno**

PROGRAMA PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE ESTANQUES Y LA CAPACIDAD DE CARGA EN FUNCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO							
Diagnostico y propuesta de proyecto.							
Municipio				Localidad:			
Part./soc.:				Tipo soc.:			
Calidad del Agua.							
Temperat.	16			Oxigeno (mg/lt.):	8		
pH	7			Amonio:			
Flujo (lps):	14						
Diagnostico							
Taza crecim. (mm/día):	1.009	Subdivisiones del flujo:	2	Num.estanques:	10		
Flujo/entrada (l.p.s.):	7.0	Rec./hora:	1.5	Volum./estanque(mt3):	16.8		
Caida entre est.(cm):	50	% de recuperación de Oxigeno:	80				
Dimensiones de los estanques:							
		Ancho	Largo				
		1.30	12.96				
Oxigeno (mg/lt)							
Nivel	Entrada	Salida	Disponible	Cap.carga (kg/mt3)	Cap. de carga (kg/est.)	peces/est.	
1	201600	141120	60480	16.7	280.0	840	
2	189504	132652.8	56851.2	14.9	250.1	750	
3	178133.76	124693.6	53440.128	14.0	235.1	705	
4	167445.73	117212	50233.72	13.2	221.0	663	
5	167445.73	117212	50233.72	13.2	221.0	663	
POTENCIAL PRODUCTIVO ANUAL (Kgs.):				10607.40			
SE SUGUIEREN TRES SIEMBRAS CUATRIMESTRALES DE :							
año	producción eficiencia productiva (kgs)	producción por año (kgs)	producción por mes (kgs)	Siembra (organismos)			
1	80%	8485.9	707.2	8592			
2	90%	9546.7	795.6	9666			
3	100%	10607.4	883.9	10740			
Para efectos de proyección se toma como base el uso de 30% del oxigeno total disponible.							
La capacidad de carga determinada es para organismos de hasta 335 gr. (3/kg).							



### 5.5.3 Plan de Producción.

Después de definir la carga de los estanques, el paso a seguir será el establecer un plan de producción para llevar a los peces a una determinada talla, en un determinado intervalo de tiempo. Este intervalo suele dividirse en períodos de crecimiento que generalmente se fijan en 14 días, lo cual implica establecer la tasa de crecimiento del periodo en observación, en función de la temperatura del agua.

El desarrollo de este plan de producción ha resultado ser de gran utilidad, sobre todo para poder establecer una proyección de la producción (en cantidad y tiempo de cosecha) y de la cantidad de alimento a suministrar durante ese lapso de tiempo, lo cual nos permite a su vez, fijar cuales serían nuestros costos de producción aproximados incluso de manera prorrateada.

El formato para generar un plan de producción se conforma de ocho aspectos, que son:

1. Fecha
2. Temperatura promedio del agua (°C)
3. Número de peces
4. Longitud promedio del cuerpo (mm)
5. Peso promedio de los peces (grs)
6. Biomasa (Kgs)
7. Incremento de peso durante el período (Kgs)
8. Alimento requerido durante el período (Kgs)

A partir de estos datos se construye el formato (tabla 5) del plan de producción, el cual se desarrollo en el archivo "Planprod.xls", de Microsoft Excel, y en el que se marca de manera secuenciada, una proyección de la producción de truchas que nos permite determinar cuando se va a cosechar o bien, cuando hay que sembrar para cosechar en una fecha fijada anteriormente. De igual manera se puede obtener de manera casi automatizada, una aproximación de la cantidad o volumen a cosechar, en función del tamaño de siembra.

Para poder obtener dicho plan de producción, se requiere contar con información técnica, básica y particular de cada unidad, empezando con la fecha en que se va a sembrar o la fecha en que se quiere obtener el producto, el número de peces a sembrar, el porcentaje de mortalidad estimado (sin tomar en cuenta las que se pudieran presentar por enfermedades o mal manejo), la temperatura promedio del agua, la talla promedio de siembra, la

tasa de crecimiento (que puede ser tomada de registros de la misma unidad o bien de la tabla 6), una relación de "peso-longitud" y el factor de conversión alimenticia, que se estima que proporciona el alimento que se suministra.

Tabla 5  
Plan de Producción

PLAN DE PRODUCCIÓN							
Plan de Producción de la Unidad: [REDACTED]							
Tipo de Asociación: [REDACTED]				N° socios [REDACTED]			
Municipio: [REDACTED]			Localidad o Paraje: [REDACTED]				
Fecha de siembra: 1/01/01			Número inicial de peces: [REDACTED] 10740				
Longitud inicial promedio (mm): [REDACTED] 30			Tasa de crecimiento (mm/día): [REDACTED] 1.09				
Duración de cada período de crecimiento (días): [REDACTED] 14				F.C.A. : [REDACTED] 15			
Lote Inicial							
Fecha	Temp. del agua (°C)	Número de peces	Longitud Promedio (mm)	Peso Promedio (grs)	Biomasa (Kgs)	Incremento en Peso	Alimento Requerido
1/01/01	16	10740	30	0.26	2.8	6.7	10.1
15/01/01	16	10702	45.3	0.89	9.5	15.0	22.5
29/01/01	16	10665	60.5	2.3	24.5	24.4	36.5
12/02/01	16	10628	75.8	4.6	48.9	37.4	56.1
26/02/01	16	10590	91.0	8.15	86.3	51.3	77.0
12/03/01	16	10553	106.3	13.04	137.6		
TOTAL DE ALIMENTO							202.2
Lote con crecimiento nulo							
				Tasa de crecimiento (mm/día): [REDACTED] 1.09			
Fecha	Temp. del agua (°C)	Número de peces	Longitud Promedio (mm)	Peso Promedio (grs)	Biomasa (Kgs)	Incremento en Peso	Alimento Requerido
12/03/01	16	7915	106.3	8.2	64.5		11.162
26/03/01	16	7887	106.3	8.2	64.3		11.123
9/04/01	16	5240	106.3	8.2	42.7		7.389
23/04/01	16	5221	106.3	8.2	42.6		7.364
7/05/01	16	2602	106.3	8.2	21.2		3.669
21/05/01	16	2592	106.3	8.2	21.1		3.656
4/06/01	16	2583	106.3	8.2	21.1		3.643
TOTAL DE ALIMENTO							48.0

Plan de Producción (continuación).

Lote 1 de crecimiento				Tasa de crecimiento (mm/día):				
Fecha	Temp. del agua (°C)	Número de peces	Longitud Promedio (mm)	Peso Promedio (grs)	Biomasa (Kgs)	Incremento en Peso	Alimento Requerido	
12/03/01	16	2638	106.3	13.04	34.4	19.1	28.6	
26/03/01	16	2629	121.6	20.34	53.5	22.7	34.0	
9/04/01	16	2620	136.8	29.07	76.2	28.8	43.3	
23/04/01	16	2611	152.1	40.22	105.0	34.9	52.4	
7/05/01	16	2602	167.3	53.78	139.9	46.3	69.4	
21/05/01	16	2592	182.6	71.82	186.2	50.4	75.6	
4/06/01	16	2583	197.9	91.58	236.6	60.5	90.8	
18/06/01	16	2574	213.1	115.41	297.1	68.1	102.1	
2/07/01	16	2565	228.4	142.36	365.2	85.7	128.6	
16/07/01	16	2556	243.6	176.4	450.9	89.3	133.9	
30/07/01	16	2547	258.9	212.06	540.2	103.3	155.0	
13/08/01	16	2539	274.2	253.51	643.5	112.3	168.5	
27/08/01	16	2530	289.4	298.81	755.9	137.3	206.0	
10/09/01	16	2521	304.7	354.33	893.2			
						TOTAL DE ALIMENTO	1288.2	

Lote 2 de crecimiento				Tasa de crecimiento (mm/día):				
Fecha	Temp. del agua (°C)	Número de peces	Longitud Promedio (mm)	Peso Promedio (grs)	Biomasa (Kgs)	Incremento en Peso	Alimento Requerido	
9/04/01	16	2620	106.3	13.04	34.2	18.9	28.4	
23/04/01	16	2611	121.6	20.34	53.1	22.5	33.8	
7/05/01	16	2602	136.8	29.07	75.6	28.6	43.0	
21/05/01	16	2592	152.1	40.22	104.3	34.7	52.0	
4/06/01	16	2583	167.3	53.78	138.9	46.0	68.9	
18/06/01	16	2574	182.6	71.82	184.9	50.0	75.1	
2/07/01	16	2565	197.9	91.58	234.9	60.1	90.1	
16/07/01	16	2556	213.1	115.41	295.0	67.6	101.4	
30/07/01	16	2547	228.4	142.36	362.7	85.1	127.7	
13/08/01	16	2539	243.6	176.4	447.8	88.6	133.0	
27/08/01	16	2530	258.9	212.06	536.4	102.6	153.9	
10/09/01	16	2521	274.2	253.51	639.0	111.6	167.3	
24/09/01	16	2512	289.4	298.81	750.6	136.3	204.5	
8/10/01	16	2503	304.7	354.33	886.9			
						TOTAL DE ALIMENTO	1279.2	

Plan de Producción (continuación).

Lote 3 de crecimiento				Tasa de crecimiento (mm/día):				1.06
Fecha	Temp. del agua (°C)	Número de peces	Longitud Promedio (mm)	Peso Promedio (grs)	Biomasa (Kgs)	Incremento en Peso	Alimento Requerido	
7/05/01	16	2602	106.3	13.04	33.9	18.8	28.2	
21/05/01	16	2592	121.6	20.34	52.7	22.4	33.6	
4/06/01	16	2583	136.8	29.07	75.1	28.4	42.7	
18/06/01	16	2574	152.1	40.22	103.5	34.4	51.6	
2/07/01	16	2565	167.3	53.78	138.0	45.6	68.5	
16/07/01	16	2556	182.6	71.82	183.6	49.7	74.5	
30/07/01	16	2547	197.9	91.58	233.3	59.7	89.5	
13/08/01	16	2539	213.1	115.41	293.0	67.1	100.7	
27/08/01	16	2530	228.4	142.36	360.1	84.5	126.8	
10/09/01	16	2521	243.6	176.4	444.7	88.0	132.0	
24/09/01	16	2512	258.9	212.06	532.7	101.9	152.8	
8/10/01	16	2503	274.2	253.51	634.6	110.8	166.2	
22/10/01	16	2494	289.4	298.81	745.4	135.4	203.1	
5/11/01	16	2486	304.7	354.33	880.8			
TOTAL DE ALIMENTO							1270.2	

Lote 4 de crecimiento				Tasa de crecimiento (mm/día):				1.06
Fecha	Temp. del agua (°C)	Número de peces	Longitud Promedio (mm)	Peso Promedio (grs)	Biomasa (Kgs)	Incremento en Peso	Alimento Requerido	
4/06/01	16	2583	106.3	13.04	33.7	18.7	28.0	
18/06/01	16	2574	121.6	20.34	52.4	22.2	33.3	
2/07/01	16	2565	136.8	29.07	74.6	28.2	42.4	
16/07/01	16	2556	152.1	40.22	102.8	34.2	51.3	
30/07/01	16	2547	167.3	53.78	137.0	45.3	68.0	
13/08/01	16	2539	182.6	71.82	182.3	49.3	74.0	
27/08/01	16	2530	197.9	91.58	231.7	59.3	88.9	
10/09/01	16	2521	213.1	115.41	290.9	66.7	100.0	
24/09/01	16	2512	228.4	142.36	357.6	84.0	125.9	
8/10/01	16	2503	243.6	176.4	441.6	87.4	131.1	
22/10/01	16	2494	258.9	212.06	529.0	101.2	151.8	
5/11/01	16	2486	274.2	253.51	630.1	110.0	165.0	
19/11/01	16	2477	289.4	298.81	740.1	134.5	201.7	
3/12/01	16	2468	304.7	354.33	874.6			
TOTAL DE ALIMENTO							1261.4	

TOTAL PRODUCIDO:	3535	ALIMENTO CONSUMIDO:	5349.2
------------------	------	---------------------	--------

Instrucciones: Anotar la información requerida en los espacios sombreados, generando automáticamente el llenado de algunas columnas de la tabla. El dato para marcar la tasa de crecimiento, se obtiene de la tabla 6 Potencial de crecimiento de trucha. En el caso de las columnas de temperatura y de peso promedio, la información se inscribe manualmente, basándose en el caso de la temperatura en registros anteriores y para el peso promedio, en la tabla 7 Relación Peso Longitud.

**Tabla 6**  
**Potencial de la tasa de crecimiento en función de la temperatura.**  
**mm de incremento diario de longitud**

Temp. (°C)	mm/día
7	0,40
8	0,50
9	0,60
10	0,70
11	0,79
12	0,89
13	0,99
14	1,09
15	1,19
16	1,09
17	0,99
18	0,89
19	0,79
20	0,70
21	0,60
22	0,50

Así, obtenidas las longitudes diarias de los peces, en base a la tasa de crecimiento diario, se calculo el peso promedio utilizando la ecuación para determinar el factor de condición, y la tabla de "relación peso-longitud" que se marca a continuación.

La biomasa se determino como el producto del peso promedio por el numero de peces para cada periodo del programa. Finalmente la cantidad de alimento a suministrar por periodo se calculo por medio de la formula:

$$F.C.A. = C.A.S. / \text{inc. en biom.}$$

Donde:

- F.C.A. = Factor de conversión alimenticia. (en este caso se considero un factor de 1.5)
- C.A.S. = Cantidad de alimento a suministrar.
- inc. en biom. = Incremento en biomasa.

Tabla 7  
Relación Peso Longitud de Truchas en Cultivo

Longitud (mm)	Peso (gr)	Longitud (mm)	Peso (gr)	Longitud (mm)	Peso (gr)	Longitud (mm)	Peso (gr)	Longitud (mm)	Peso (gr)	Longitud (mm)	Peso (gr)
30	0.26	80	5.41	130	24.72	180	68.09	230	146.56	280	271.15
31	0.28	81	5.66	131	25.42	181	69.49	231	148.91	281	274.69
32	0.31	82	5.87	132	26.0	182	70.65	232	150.85	282	277.63
33	0.34	83	6.09	133	26.60	183	71.82	233	152.81	283	280.59
34	0.37	84	6.31	134	27.21	184	73.00	234	154.79	284	283.58
35	0.41	85	6.54	135	27.82	185	74.20	235	156.78	285	286.58
36	0.44	86	6.77	136	28.44	186	75.41	236	158.79	286	289.61
37	0.48	87	7.01	137	29.07	187	76.63	237	160.82	287	292.66
38	0.52	88	7.26	138	29.71	188	77.87	238	162.86	288	295.72
39	0.56	89	7.51	139	30.37	189	79.11	239	164.92	289	298.81
40	0.62	90	7.82	140	31.17	190	80.65	240	167.43	290	302.61
41	0.68	91	8.15	141	31.98	191	82.21	241	169.97	291	306.45
42	0.73	92	8.42	142	32.67	192	83.50	242	172.10	292	309.62
43	0.78	93	8.70	143	33.37	193	84.81	243	174.24	293	312.81
44	0.84	94	8.98	144	34.07	194	86.14	244	176.40	294	316.02
45	0.89	95	9.27	145	34.78	195	87.48	245	178.58	295	319.26
46	0.96	96	9.56	146	35.51	196	88.83	246	180.77	296	322.51
47	1.02	97	9.87	147	36.24	197	90.20	247	182.98	297	325.79
48	1.09	98	10.17	148	36.99	198	91.58	248	185.22	298	329.09
49	1.15	99	10.49	149	37.74	199	92.97	249	187.46	299	332.41
50	1.24	100	10.88	150	38.58	200	94.67	250	190.22	300	336.48
51	1.34	101	11.28	151	39.43	201	96.39	251	193.01	301	340.57
52	1.42	102	11.62	152	40.22	202	97.84	252	195.33	302	343.98
53	1.50	103	11.97	153	41.02	203	99.30	253	197.66	303	347.41
54	1.59	104	12.32	154	41.83	204	100.77	254	200.01	304	350.85
55	1.68	105	12.68	155	42.65	205	102.26	255	202.38	305	354.33
56	1.77	106	13.04	156	43.48	206	103.76	256	204.77	306	357.82
57	1.86	107	13.41	157	44.32	207	105.28	257	207.18	307	361.34
58	1.96	108	13.79	158	45.17	208	106.82	258	209.61	308	364.88
59	2.07	109	14.18	159	46.03	209	108.36	259	212.06	309	368.45
60	2.20	110	14.66	160	47.10	210	110.26	260	215.10	310	372.82
61	2.34	111	15.15	161	48.19	211	112.19	261	218.18	311	377.24
62	2.45	112	15.57	162	49.10	212	113.79	262	220.70	312	380.89
63	2.57	113	15.99	163	50.01	213	115.41	263	223.24	313	384.56
64	2.70	114	16.42	164	50.94	214	117.04	264	225.79	314	388.26
65	2.83	115	16.85	165	51.87	215	118.69	265	228.36	315	391.98
66	2.96	116	17.29	166	52.82	216	120.35	266	230.96	316	395.72
67	3.09	117	17.75	167	53.78	217	122.03	267	233.57	317	399.49
68	3.24	118	18.20	168	54.75	218	123.72	268	236.21	318	403.28
69	3.38	119	18.67	169	55.74	219	125.43	269	238.86	319	407.10
70	3.56	120	19.25	170	56.94	220	127.53	270	242.05	320	410.94
71	3.75	121	19.84	171	58.17	221	129.65	271	245.28	321	416.44
72	3.91	122	20.34	172	59.20	222	131.42	272	248.00	322	420.35
73	4.08	123	20.84	173	60.23	223	133.20	273	250.75	323	424.27
74	4.25	124	21.35	174	61.28	224	135.00	274	253.51	324	428.23
75	4.42	125	21.88	175	62.35	225	136.82	275	256.30	325	432.20
76	4.60	126	22.40	176	63.42	226	138.65	276	259.10	326	436.20
77	4.78	127	22.94	177	64.51	227	140.50	277	261.93	327	440.23
78	4.97	128	23.49	178	65.61	228	142.36	278	264.78	328	444.28
79	5.17	129	24.04	179	66.72	229	144.24	279	267.64	329	448.35

#### 5.5.4 Programa de Alimentación.

Por otra parte, la tasa de alimentación define la cantidad de alimento que estará disponible para los organismos en cultivo, pero su determinación es otra de las tareas más difíciles de realizar y que por lo tanto, su implementación generalmente se lleva a cabo de manera intuitiva o en el mejor de los casos, el alimento simplemente se proporciona a saciedad. Es importante resaltar que la determinación de una ración óptima, permitirá obtener el mejor crecimiento con una conversión alimenticia adecuada, esto es no subalimentar, para poder obtener el máximo crecimiento permisible en el sistema, pero tampoco sobrealimentar que da como resultado un desperdicio y gasto excesivo, así como un mayor deterioro de la calidad del agua.

Para su determinación, habrá de tomarse en cuenta que la tasa de alimentación es variable ya que el pez en sus estadios juveniles presenta un metabolismo más acelerado, que se refleja en una mayor velocidad de crecimiento, en comparación con un pez adulto. Por lo tanto, la tasa de alimentación debe de ser determinada de una manera acorde al tamaño y edad del pez en cultivo.

En este sentido, durante la experiencia profesional desarrollada se implementaron varios programas de alimentación, los cuales se fueron depurando progresivamente, hasta llegar al programa de alimentación (tabla 7) desarrollado en Excel bajo el nombre de archivo de "Progalim.xls", el cual se basa en determinar el porcentaje o tasa de alimentación por el método de Haskell (en, Klontz, 1991), el cual determina el porcentaje diario de alimento a suministrar en función del tamaño del pez, obteniéndose este por medio de la formula:

$$T.A. = (iL * F.C.A. * 3 * 100) / Ld$$

En la que:

- T.A. = Tasa de alimentación (Kg de alimento por 100 Kg de peces al día)
- iL = Incremento diario de longitud (mm)
- F.C.A. = Factor de conversión alimenticia
- 3 = Factor de conversión longitud-peso
- 100 = Factor para quitar decimales
- Ld = Longitud (mm) del pez en el día de la alimentación

Al igual que en el plan de producción, el archivo del programa de alimentación para un periodo de tiempo determinado, requiere de información técnica básica, la cual se introduce en las celdas marcadas para ello, corriendo el programa automáticamente, a continuación se presenta un ejemplo del programa de alimentación desarrollado para una unidad de producción asesorada técnicamente.

**Tabla 8**  
**Programa de Alimentación**  
**PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL CULTIVO**

PROGRAMA DE ALIMENTACION				Periodo de Alimentacion del : 1/05 al 15/05			
Unidad de Producción : La Veracruzana			Estanque		2		
Trucha (variedad) : Shasta		Temp.promedio (°C):		13.5		No.peces: 3127	
Long. inicial (mm): 30		Inc.diario en longitud (mm) :		0.964			
Peso promedio : 0.26		Biomasa inicial		0.81302			
F.C.A. 1.4							
fecha	peces	long-mm	biom-kg	inc.biom	alim-kg	frec.alimen.	
1/05/97	3127	30.0	0.813	0.1	0.110	13	
2/05/97	3121	31.0	0.891	0.1	0.117	13	
3/05/97	3115	31.9	0.975	0.1	0.124	13	
4/05/97	3108	32.9	1.063	0.1	0.131	12	
5/05/97	3102	33.9	1.156	0.1	0.138	12	
6/05/97	3096	34.8	1.255	0.1	0.146	12	
7/05/97	3090	35.8	1.359	0.1	0.154	11	
8/05/97	3083	36.7	1.469	0.1	0.162	11	
9/05/97	3077	37.7	1.585	0.1	0.170	11	
10/05/97	3071	38.7	1.706	0.1	0.179	10	
11/05/97	3065	39.6	1.834	0.1	0.187	10	
12/05/97	3059	40.6	1.968	0.1	0.196	10	
13/05/97	3053	41.6	2.108	0.1	0.205	10	
14/05/97	3047	42.5	2.255	0.2	0.215	10	
15/05/97	3041	43.5	2.408				
<b>Resultados esperados:</b>							
Total de	Alimento:	2.23		Inc.Biom.	1.59		
F.C.A.	1.4			Peso prom.	0.8		
<b>Resultados obtenidos:</b>							
Long.Prom.	44		Peso prom.	0.84	Biomasa	2.566	
Sobreviven:	3055		Inc.Biom.	1.753	F.C.A.	1.27	



### 5.5.5 Seguimiento del Programa de Producción.

El seguimiento del plan de producción es una de las actividades más importantes, pero al mismo tiempo, la más frecuentemente ignorada en la producción de truchas. Este se basa en la recolección de datos mediante muestreos e inventarios periódicos y su registro correspondiente.

Estos registros sistematizados, permiten llevar la memoria del desempeño de cada lote de trucha cultivado en la granja, convirtiéndose en una memoria o historial acumulado de la experiencia de la empresa así como del comportamiento de la infraestructura y de las condiciones del medio. Por lo que representa, la más valiosa fuente de consulta con que cuenta quien se encarga de tomar decisiones.

Un sistema de registro, mínimo debe de considerar los siguientes aspectos:

- Agua, cantidad y calidad
- Número de peces en cada período de muestreo
- Crecimiento en cada período de muestreo (incremento en peso y longitud)
- Dispersión de tamaños en cada estanque
- Cantidad y tipo de alimento suministrado en cada período
- Porcentaje de la capacidad de carga utilizado por estanque
- Estado de salud de los peces
- Mortalidad diaria

(Portilla,2000).

Para poder dar un seguimiento adecuado a nuestro programa de producción, cada 15 días habrá de realizarse un monitoreo al azar de los peces en el estanque y los resultados obtenidos, confrontarlos con los previstos en el programa, para que en base a esta evaluación se hagan los ajustes necesarios. Contar con información precisa a fin de tomar decisiones adecuadas, da como resultados, la salida oportuna del producto al mercado, una mejor calidad y óptimos costos de producción.

Existen diversos métodos para realizar los muestreos, marcándose a continuación los que se han empleado en la toma de datos:

El primer método, consiste en que después de suprimir la alimentación 24 horas antes del monitoreo, se procederá a confinar a toda la población en la parte anterior del estanque y tomar varias muestras, registrando longitud, peso y en su caso las observaciones pertinentes en cuanto a la condición física del pez.

La segunda técnica utilizada, consiste en tomar las muestras de peces los cuales son colectados al momento de agruparse para consumir el alimento que en ese momento se proporciona. Este proceso se repite tres o cuatro veces en diferentes partes del estanque.

En cualquiera de las formas utilizada, la información recabada se registra en formatos como el que se presenta en la tabla 8.

Una vez obtenidos y procesados los datos, se comprueba si el programa de alimentación para el período de crecimiento previo fue efectivo, si así fuera, deberá presentarse solo una pequeña diferencia entre los datos del inventario y los datos del crecimiento esperado.

En el caso de que las diferencias sean mayores del 5%, se deberán hacer ajustes para el siguiente período de crecimiento.

En general los estanques deben presentar condiciones homogéneas en cuanto al tamaño de los organismos, para lo cual se sugiere tomar en cuenta los siguientes criterios:

1. En grupos de peces pequeños (40-75 mm), no debe de existir una variación del peso mayor de +/- 1 gramo.
2. en grupos de peces de 75-150 mm la variación será de +/- 5 gramos.
3. En peces de arriba de 150 mm la variación máxima será de +/- 10 gramos.

Si la dispersión de tallas fuera lo suficientemente grande, esto es, si se observará dentro de un mismo estanque, la presencia de un grupo de peces con una talla que alcanzara ser el doble de la longitud de la media poblacional, se optará por realizar una separación y redistribución por tallas, para obtener lotes homogéneos.

Sin embargo, este proceso resulta ser sumamente estresante para los peces, por lo que estos deberán ser ayunados por lo menos 18 horas antes de ser manejados y no deberá presentárseles alimento hasta el día siguiente.

Este proceso puede realizarse de diferentes maneras, desde la manual, que es la más simple, hasta la que se realiza por medio de sistemas mecanizados que incluyen bombas para transferir los peces y aparatos diseñados especialmente para realizar la separación.

**Tabla 9**  
**Formato para el inventario de estanques**

**Registro Morfométrico**

Estanque N° \_\_

Fecha: \_\_

Número de muestra	Peso (grs)	Número de peces

	mm	grs
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

	mm	grs
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		

	mm	grs
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		

Aun cuando se menciona que es poco conveniente, desde el punto de vista profiláctico, hacer la separación de peces a mano, este resulta ser el sistema más utilizado, debido principalmente a que el tamaño de las granjas es de pequeño a medio, no siendo costeable la adquisición de estos implementos.

Siguiendo con la descripción del procedimiento, los peces son acorralados y confinados por medio de redes al inicio de los estanques, en esta situación los peces son analizados uno por uno por técnicos de la granja, los cuales realizan la separación, colocando los peces de talla chica en una jaula específica para los animales de esta talla y los peces de diferente rango en jaula separada, de donde finalmente son distribuidos en los estanques correspondientes. Cabe mencionar que los técnicos que realizan esta labor, son personal altamente calificado y de una gran experiencia en estos trabajos.

Una variante de este sistema, se tiene al realizar la separación por medio de cajas en las que por decirlo así, se tamizaran las truchas, dentro de estas cajas se depositan las truchas capturadas por medio de una red de cuchara y ya que estas cajas presentan en su fondo, rodillos de cristal o cualquier otro material que no sea abrasivo a las truchas, permiten que las truchas de pequeño tamaño se deslicen por entre las ranuras formadas entre cada rodillo. Este sistema permite trabajar con un poco de más rapidez, sin tener que manejar directamente con las manos a los peces.

### 5.5.6 Conclusiones

A lo largo del proceso de desarrollo de la experiencia profesional, se presentaron resultados parciales, que tonto sería decir que siempre fueron satisfactorios, pero que sin embargo, aun en los fracasos, la experiencia adquirida sirvió para reforzar el conocimiento desarrollado en el aspecto técnico del cultivo de la trucha.

En este sentido y haciendo referencia a los objetivos fijados en mi formación profesional y que se marcan al inicio del presente trabajo, se puede decir que el balance ha sido positivo ya que durante el tiempo que abarca el desarrollo del presente trabajo, se apoyo la creación de un buen número de unidades de producción, con lo que se cubrieron los objetivos referentes a la generación de empleos y de un alimento rico en proteínas.

Por otra parte, en cuanto al desarrollo de programas de producción se refiere, se puede decir que en este caso, desgraciadamente no se pudo desarrollar un programa de producción, que al mismo tiempo que pudiera cubrir el conocimiento técnico en lo que se refiere al manejo sistemático de una

unidad de producción de trucha, fuera también tan sencillo, que pudiera ser asimilado, incluso por los pequeños productores.

Sin embargo, el nivel técnico en que se realizaron las tres macros de Excel, presentadas en el punto referente al manejo, y que conforman el programa de producción, dio la oportunidad, por una parte, de participar en la evaluación y formulación de algunos proyectos ejecutivos para el desarrollo de unidades de producción trutícola, o bien de elaborar expedientes técnicos de unidades que fueron beneficiadas con el otorgamiento de créditos para su operación. De igual manera fueron útiles en la evaluación de proyectos y en el diagnóstico del nivel en que operaban algunas granjas.

A este respecto, se considera que el aspecto más relevante que se aporta, es el de poder aplicar de manera práctica, los factores biotecnológicos que de manera teórica se presentan en los diferentes manuales de producción y que de alguna manera, como ya se menciono, sirven para determinar de manera bastante precisa, la duración de un periodo productivo, el tamaño de la producción, la capacidad instalada de una unidad, los requerimientos de alimento etc.

Una utilidad extra del desarrollo de un sistema de producción para granjas trutícolas, fue la oportunidad de instrumentarlo como un programa desarrollado como seminario de tesis para alumnos de la carrera de Técnico en Producción Acuícola del CONALEP plantel "El Zarco".

Un punto a parte, dentro de las actividades encomendadas durante el ejercicio de mi profesión, fue la participación en la realización del diagnóstico del potencial productivo de la zona Amanalco - Valle de Bravo, que en su momento sirvió para normar las políticas de desarrollo y por lo tanto del aprovechamiento óptimo pero racional de los recursos naturales de dicha zona.

Los resultados de esta experiencia profesional no estarían completos, si no se marcará la oportunidad que se tuvo de desarrollarse de manera independiente, al ocupar una representación de los alimentos balanceados "El Pedregal - Silver Cup", atendiendo varios municipios de la entidad.

Finalmente, se puede decir que en un ámbito, como lo es el de la acuicultura, en donde se trabaja a la par con Técnicos Profesionales en Producción Acuícola, Ingenieros Pesqueros y Médicos Veterinarios, entre otros, el trabajo del Biólogo ha sido reconocido y valorado de tal manera que en muchos casos, son los responsables de conducir los destinos del desarrollo acuícola en diferentes grados de dirección gerencial, a nivel regional, estatal o nacional.

A este respecto, y para finalizar el análisis de lo realizado durante la experiencia profesional del que suscribe, será importante resaltar el hecho de que durante todo el tiempo que abarca la presente reseña, tuve oportunidad de conocer y en ocasiones la fortuna de trabajar con biólogos egresados de la ENEPI, los cuales puedo asegurar, son profesionistas con la capacidad para resolver problemas y tomar decisiones en lo relativo a mi ámbito de influencia, lo cual da pauta para asegurar que la escuela a la que me honra pertenecer, ha cumplido con su función. Sin embargo, considero importante mantener en el espíritu de los que rigen los destinos de la carrera de biología, ese concepto biológico tan importante que es el de la evolución.

En este sentido, la revisión periódica de los programas educativos adecuándolos a los cambios y necesidades del entorno, así como la implementación de programas de actualización, que la escuela ofrezca directamente a sus egresados, permitirá que la ENEPI no genere recursos humanos caducos, sino profesionistas que evolucionen a la par de su medio y de su tiempo.

Con lo anterior no solo se pretende dar una opinión sobre aspectos que se consideran importantes de remarcar en los programas de estudio -si es que esto no se ha hecho ya-, sino que también me parece oportuno mencionar que, así como el conocimiento, los problemas no se quedan estancados, por lo que la actualización tanto de los profesionistas como de las escuelas, nos permitirán desarrollarnos de una manera más profesional.

Por lo anterior, pudiera parecer que una vinculación más estrecha de la universidad (ENEPI), con las instancias involucradas en aspectos que tengan que ver con alguna parte de la biología (gobierno, productores, grupos ecologistas, etc), podrán acercarnos más a los problemas reales y participar de una manera más decidida a la resolución de estos y en consecuencia, abrir las oportunidades y expectativas de desarrollo del biólogo.

## 6. Bibliografía.

Aguilera, H.P. y Noriega, C.P., 1988. La Trucha y su Cultivo. FONDEPESCA, México.

Alcocer, Medina A. "Selección de Reproductores". En Memorias del segundo foro nacional de truiticultura, 16-17 de octubre de 1997, México, 2000, pp. 9-10.

Bennet, Donald P. y Humphries, David A., 1981. Introducción a la ecología de campo. H. Blume Ediciones, España.

Cachafeiro, Blanco N., 1984. La Trucha, Cría Industrial. Ed. Mundi Prensa, España.

Calva, Fosado J. Y Cevallos, Bonilla Y., 1989. Evaluación de los Parámetros Físico Químicos del Agua y de un Alimento Balanceado Comercial en el Cultivo de Trucha Arco Iris (*Salmo gairdneri, Richardson 1836*) en Canales de Corriente Rápida en San Miguel Regla, Hidalgo. UAM-I, México.

De la Garza Montañó, C. (1997), "Situación Zoonositaria en la Producción Truitícola en el Estado de México". En Memorias del Seminario de Patología de Salmonidos: Diagnóstico Clínico y de Laboratorio, Abril 14-17, UAEM, México, pp. 3-15.

De la Garza, Montañó C. "Muestreos y Análisis en Acuicultura". Extensionismo, FONDEPESCA, México, 1988. pp. 1-12.

Delegación Federal de la SEMARNAP en el Edo. de México y Dirección Estatal de Acuicultura, 1996, Diagnóstico del desarrollo truitícola. Toluca, México.

Dieterich, Heinz., 1999. Nueva guía para la investigación científica. Editorial Ariel, México.

Espinosa, P.H.; Gaspar, D.T. y Fuentes, M.P., 1993, LISTADOS FAUNÍSTICOS DE MÉXICO. III Los Peces Dulceacuícolas Mexicanos. UNAM, México.

FONDEPESCA. (1988), Acuavisión. Año III, No 14, Mayo-Junio, pp. 2-3.

FONDEPESCA. "La Acuicultura en México", Acuavisión, Año I, No 2 Noviembre-Diciembre, 1985, pp. 4-9.

Fuentes, Rodríguez J. "Desové o Inseminación Artificial". En Memorias del segundo foro nacional de truiticultura, 16-17 de octubre de 1997, México, 2000, pp. 11-13.

Guevara, Pacheco A., 1999. Manual de Producción Truitícola para los Sistemas de Cultivo en el Estado de México. UAEM. México.

Hernández Alvirde, J. "Aspectos Relevantes en la Construcción de Estanquerías para Cultivo de Trucha". En Memorias del segundo foro nacional de truiticultura, 16-17 de octubre de 1997, México, 2000, pp. 27-31.

Klontz, W.G. (1990), Concepts and Methods of Intensive Aquaculture. Forestry, Wildlife and Range Experiment Station, Univ. Idaho. U.S.A.

Klontz, W.G. (1991), Producción de Trucha Arco Iris en Granjas Familiares. Pliego Impresores. Toluca, México.

Klontz, W.G., 1988. Manual para la Producción de trucha y Salmón. El Pedregal Silver Cup, Toluca, México.

Medina Rangel, A. "Densidad y Capacidad de Carga". En Memorias del segundo foro nacional de truiticultura, 16-17 de octubre de 1997, México, 2000, pp. 25-26.

Meléndez Guzmán J.R. "Administración básica en la empresa acuícola". En Memorias del Primer Curso Internacional de Producción de Tilapia. UNAM, México, 1996. pp. 191-206.

Portilla de Buen, J. (2000), "Producción Intensiva de Trucha en Raceways". En Memorias del segundo foro nacional de truiticultura, 16-17 de octubre de 1997, México, pp. 16-24.

SEMARNAP., 1998. Anuario Estadístico de Pesca 1997. Ediciones Especializadas Mexicanas S.A. de C.V.

SEPESCA., 1989 Diagnóstico del estado actual del cultivo de la trucha arco iris. México.

SEPESCA., 1990. Programa de Desarrollo Integral de la Acuicultura 1990-1994. México.

SEPESCA., 1986. Manual de Piscicultura de Agua Dulce. México.

Stevenson, J.P., 1985. Manual de Cría de la Trucha. Editorial ACRIBIA S.A., España.



Vergara, Castillo, V. Y De la Garza Montaña C. "La Nutrición en la Producción Acuícola". *Acuavisión*, Año III, No 14, mayo-junio, 1988. FONDEPESCA, México, pp. 29-31.

Zendejas, Hernández J. "Técnicas de Alimentación en Piscicultura". En *Memorias del segundo foro nacional de truiticultura*, 16-17 de octubre de 1997, México, 2000, pp. 32-47.

Zorrilla, A. Santiago y Torres, X. Miguel., 1996. Guía para elaborar LA TESIS. Mc Graw Hill, México.