

# Capítulo XIV. ASPECTOS BÁSICOS PARA EL CULTIVO DE LA TRUCHA ARCOIRIS

Rafael Rosado Puccini<sup>1</sup>  
Andrés Erazo Keller<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

La cría de truchas se constituye en un importante renglón de la actividad piscícola del país y tanto el nivel tecnológico como los procedimientos de manejo que actualmente se aplican corresponden a sistemas avanzados de operación. Los avances en los equipamientos y métodos de producción, una mayor preocupación en la eficiencia de uso del recurso hídrico, la proyección creciente a suplir mercados externos y el desarrollo de los concentrados y su manejo en cultivo son algunos de los indicadores más importantes de la evolución de la actividad en la última década.

Consecuentemente resulta evidente que son mayores también los requerimientos de información con la que se pueda dar soporte técnico a la industria y, especialmente, que complemente aquella disponible, por lo general elaborada con fundamento en resultados de sistemas externos, no siempre aplicables a la realidad nacional.

En tal sentido se ha abordado bajo una perspectiva de carácter más práctico, tratando de enfatizar en aquellos elementos que hacen parte del manejo cotidiano de la especie en cultivo. La información y los datos generales que contiene se han actualizado en la medida de lo posible, con resultados de experiencias adelantadas directamente en el país. La bibliografía que se relaciona es una contribución adicional para los productores interesados en disponer de referencias propias de la investigación realizada en el ámbito nacional, particularmente en la última década y que, por diferentes razones, no ha tenido la difusión suficiente.

## 1. CARACTERÍSTICAS Y DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

La trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss* Richardson, 1836) es un salmónido que se caracteriza por presentar cuerpo alargado, fusiforme y cabeza relativamente pequeña que termina en una boca grande puntiaguda, hendida hacia el nivel de los ojos y con una fila de dientes fuertes en cada una de las mandíbulas que le permiten aprisionar las presas capturadas.

Hacia la mitad del cuerpo se encuentra una primera aleta dorsal formada únicamente por radios blandos. Posteriormente a ésta aparece una pequeña aleta, de función desconocida y carácter adiposo. Opuesta a ésta y ventralmente se halla la aleta anal. Estas aletas tienen función de dirección actuando como timón en el desplazamiento.

Las aletas pares son las pectorales, ubicadas en la parte más anterior con una función estabilizadora y las pélvicas o ventrales, que actúan como remos y ubicadas en la sección mediaposterior del pez. El cuerpo remata posteriormente en una aleta caudal homocerca de función propulsora.

El nombre genérico *Oncorhynchus* significa nariz ganchuda, característica que se acentúa más en los machos en la época de reproducción, en los que se desarrolla en la mandíbula inferior un abultamiento o gancho (prognatismo).

El nombre común de arcoiris está dado por la presencia de numerosos puntos negros y una banda iridiscente en los flancos del pez. Esta coloración cambia ligeramente en las épocas de madurez, siendo notorio el oscurecimiento que se presenta en los machos.

---

<sup>1</sup> Biólogo Marino, especialista en cultivo de peces. E-mail: sanross@elsitio.net.co

<sup>2</sup> Biólogo Marino, especialista en cultivo de peces. E-mail: marpiso@bluemail.ch

## 1.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Phylum	:	Cordata
Subphylum	:	Vertebrata
Clase	:	Osteichthyes
Subclase	:	Actinopterygii
Superorden	:	Teleostea
Orden	:	Clupeiformes
Familia	:	Salmonidae
Subfamilia	:	Salmoninae
Género	:	<i>Oncorhynchus</i>
Especie	:	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Nombre Común	:	Trucha arcoiris

## 2. PRODUCCIÓN DE SEMILLA

Según su procedencia, las opciones de abastecimiento de ovas y alevinos se conocen convencionalmente por los cultivadores del país como semilla nacional o importada. La nacional es aquella que se produce en el país a partir de reproductores mantenidos en cautiverio, sobre los cuales se adelantan procedimientos de manejo, selección y desove, además de la fertilización e incubación del material obtenido.

La mayoría de la producción de carne de trucha en el país depende de ovas importadas. Su aceptación radica principalmente en la garantía de poblaciones cercanas al 100% de hembras y por la certificación de ausencia de enfermedades.

### 2.1 INFRAESTRUCTURA

#### 2.1.1 Estanques para reproductores

Pueden ser unidades con las mismas características de construcción que aquellas empleadas para el engorde de truchas. Por el contrario, las densidades de mantenimiento de reproductores son menores, recomendándose cargas inferiores a los 10 Kg/m<sup>3</sup>, donde se mantienen separados las hembras de los machos; si se tiene espacio disponible las hembras deben distribuirse de acuerdo con su estado de madurez sexual.

#### 2.1.2 Sala de incubación

Es un recinto cerrado protegido de la luz solar, cuyo tamaño depende de la cantidad de semilla a producir, dentro de este se encuentran las incubadoras y los canales para recibir las ovas embrionadas y/o las larvas recién eclosionadas. Se recomienda que el agua a utilizar sea previamente filtrada.

#### 2.1.3 Filtro

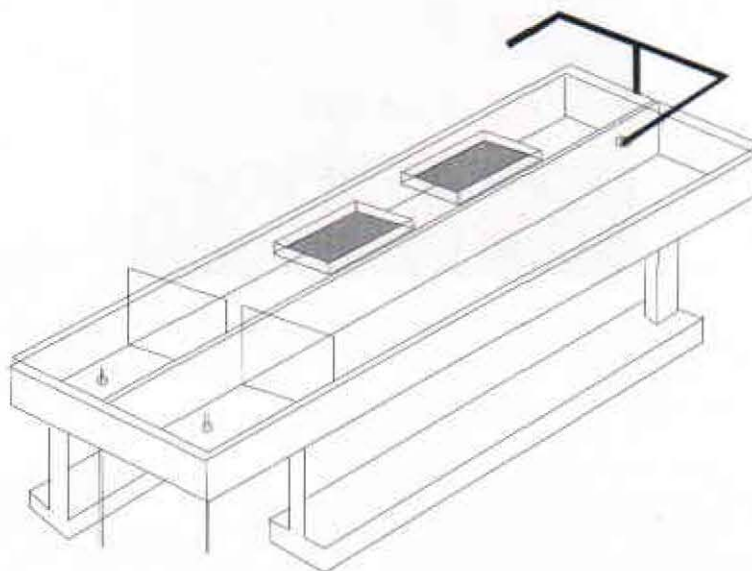
El material en suspensión presente en el agua es particularmente nocivo tanto en incubación como para las larvas en reabsorción. Los desarenadores y filtros son necesarios sobre todo en los casos en los que la llegada de sólidos es normal y elevada en épocas de invierno. Por lo general se utiliza el filtro de grava a presión, cuya función es retener partículas en suspensión presentes en el agua, las cuales pueden causar grandes bajas en los lotes, puesto que los sólidos se depositan sobre las ovas ocasionando la muerte a los embriones por asfixia y favorecen además el desarrollo de hongos.

#### 2.1.4 Incubadoras

Entre los sistemas de incubación hay dos tipos, los de flujo horizontal y los de flujo vertical. El más utilizado corresponde a la incubadora vertical de bandejas superpuestas (de 4 hasta 16) y las canaletas horizontales en las

que las ovas se ubican sobre canastillas. El uso de botellas de incubación también es común aunque requiere garantizar un flujo estable de agua. Variaciones bruscas causan golpes a las ovas lo que en los primeros estadios de desarrollo (ova verde) puede generar importantes pérdidas. En la etapa de ova embrionada el riesgo se reduce, pues en este estado de desarrollo la resistencia al manejo es superior.

**Las de flujo horizontal** básicamente son canales en donde van instalados bastidores en madera o plástico con varillas en aluminio, vidrio, plástico o fibra de 3 a 5 mm de diámetro con una separación entre varillas de 3 mm, que van a sostener las ovas. Los bastidores son colocados superficialmente (5 a 10 cm de profundidad), de tal forma que una película de agua los bañe continuamente. El agua penetra por uno de los extremos fluyendo a lo largo del canal y se evacua por el lado opuesto. El caudal debe encontrarse entre 10 y 20 litros por minuto ( Fig. 1).



**FIGURA 1. Detalle del canal utilizado para la incubación del tipo de flujo horizontal y/o mantenimiento de larvas (Tomado de Amaya y Anzola, 1988).**

Las principales ventajas de este sistema están dadas por su facilidad de manejo y reducido costo. Las dimensiones de estos canales pueden encontrarse dentro de los siguientes rangos:

Longitud: 2.0 a 5.0 m.  
 Ancho: 0.3 a 0.8 m.  
 Profundidad: 0.2 a 0.4 m.

Deben colocarse a una altura del suelo de 1.0 - 1.2 metros para facilitar las labores de manejo.

**En el sistema de flujo vertical** existen dos tipos: las de **flujo vertical ascendente** y las de **flujo vertical descendente**.

Las primeras se conocen también como botellas de incubación en estas el agua penetra por la parte inferior manteniendo las ovas en suspensión y en constante movimiento. Las segundas constan de un soporte en aluminio que sostiene de 4 a 8 bandejas en fibra superpuestas. En este sistema el agua penetra por la parte superior pasando de bastidor a bastidor. Las ventajas de este sistema son: menor espacio, menor caudal e incuban mayor cantidad de huevos (Fig. 2).



**FIGURA 2. Incubadora de huevos tipo vertical**

### 2.1.5 Canales para reabsorción de vesícula vitelina y alevinaje

La etapa de reabsorción del saco vitelino se puede considerar como una continuación de la incubación, por lo menos en los primeros días siguientes a la eclosión. A las larvas recién nacidas se les debe mantener igualmente en recintos protegidos de la luz. En las incubadoras verticales el diseño de las bandejas permite que las larvas puedan permanecer allí por algunos días después de haber nacido. Se debe tener precaución con las posibles fugas que se dan cuando las tapas no presentan un buen ajuste.

En los sistemas horizontales las larvas caen directamente del bastidor al canal, en donde se llevará a cabo la reabsorción. En este caso la permanencia de las larvas en el fondo exige que se establezca un control a los sedimentos que ingresan.

Estos canales son similares a los utilizados en el sistema de incubación de flujo horizontal. Los materiales en que se construyen van desde la madera hasta la fibra de vidrio. Últimamente se ha generalizado el uso de canaletas de asbesto-cemento (Canaleta 43).

## 2.2 REPRODUCCIÓN

### 2.2.1 Reproducción natural

Los peces de la familia Salmonidae son de carácter reofílico con respecto a la reproducción, lo que significa que remontan las corrientes para finalizar su ciclo reproductivo con cortejo y la emisión simultánea de los productos sexuales.

Cuando el pez se encuentra en las últimas etapas de su madurez permanece cerca de la desembocadura del curso de agua que va a remontar, que por lo general es el mismo en el cual nació. Luego inicia el remonte y en el trayecto completa su madurez. La hembra busca en los remansos un lugar que presente un substrato apropiado (grava fina, corriente suave) y una vez definido el sitio, por medio de fuertes coletazos, forma una o varias concavidades en el suelo y luego se inicia el cortejo con el macho finalizando con la emisión simultánea de sus productos sexuales y la

fertilización. Las ovas permanecen en ese substrato hasta la eclosión y reabsorción del saco vitelino. Luego los alevinos inician el trayecto corriente abajo.

### 2.2.2 Reproducción artificial

Implica adelantar todas las etapas que conciernen a los procesos de obtención de ovas, desde el mantenimiento y manejo del plantel de reproductores hasta el levante final de los alevinos logrados después de la incubación del material. La producción de semilla es una especialidad en la cría de truchas y un proceso exigente que requiere rigurosas condiciones de sitio, calidad de aguas y labores de manejo.

#### Selección y manejo de reproductores

En Colombia la producción de ovas es relativamente constante a lo largo del año, con picos en las épocas que corresponden a los meses de menor temperatura en el hemisferio norte, entre los meses de noviembre a marzo. La revisión de la madurez de los reproductores es entonces un procedimiento permanente en las fincas de producción. Las hembras desovadas deberán ser retiradas del grupo principal, al igual que aquellas cuyas características indiquen la proximidad de la ovulación. Aun cuando esta circunstancia requiere de instalaciones mayores para el manejo de lotes parciales, se facilita y mejora el control sobre los mismos.

La maduración de las hembras, en las condiciones relativamente constantes del trópico, se inicia a partir del decimoctavo mes de vida llegando a su madurez total alrededor del segundo año (Fig. 3).

#### Las características de una hembra madura son:

- ◆ Abdomen abultado y flácido
- ◆ Poro genital prominente y rojizo

Las hembras deben ser revisadas permanentemente, la frecuencia de esta revisión depende de la temperatura del agua como del número de animales disponibles, a temperaturas más bajas el tiempo entre una revisión y la siguiente puede ser mayor, debido a que la ovulación y la subsecuente maduración toma más días y de esta manera se reduce el riesgo de perder puestas por sobremaduración y se evita una manipulación excesiva. Cuando el número de padrotes es alto, las revisiones deben ser más frecuentes pues es mayor la probabilidad de encontrar hembras ovulando. Los porcentajes de fertilización máximos para una hembra se dan unos días después de que ha ocurrido la ovulación. A unos 10 °C los huevos sobremaduran en aproximadamente 8 días, lo que reduce la fertilización.

Por las condiciones tropicales del país el desove ocurre cada seis u ocho meses. La fecundidad de la especie es de 1500 a 2000 huevos por kilogramo de peso/ desove, lo que permite calcular el número de ejemplares necesarios para una determinada producción. Si bien se han registrado casos de desove cada seis meses, es decir dos veces al año para una misma hembra, en las condiciones normales de manejo de la reproducción se puede considerar que el periodo entre desoves es cada ocho meses y generalmente el primer desove no se utiliza.

La vida útil de una hembra reproductora se estima en unos cuatro años contados desde que alcanza su primera madurez. Los machos son más precoces y logran la madurez alrededor de su primer año de vida, son utilizados como reproductores hasta que alcanzan los 5 años, debido a que con la edad se da cierta retención del esperma en el momento del ordeño.

#### El macho maduro se caracteriza por:

- ◆ Presentar un color de piel más oscuro y brillante.
- ◆ La extremidad de su maxilar inferior se acentúa hacia arriba tomando la forma de gancho, siendo más notorio en los adultos.
- ◆ La cabeza vista de perfil es más alargada.
- ◆ Haciendo una leve presión en el abdomen hay expulsión de semen.

Debido a que estos maduran quincenal o mensualmente no es necesario mantener una gran cantidad. Se recomienda un macho por cada tres hembras.

Las hembras deben mantenerse separadas de los machos, e igualmente por grupos dependiendo de su estado de madurez, el que se verifica semanalmente mediante una suave presión sobre el abdomen que ocasiona la salida de los huevos. Los que están muy maduros o pasados se distinguen en el momento de la extracción por ir acompañados de mucho fluido ovárico y se observan puntos blanquecinos opacos, estos huevos no deben ser utilizados.

El grado óptimo de madurez en los machos se distingue por los siguientes características:

- ◆ Calidad del semen que debe ser blanco y cremoso.
- ◆ Papila genital, aunque menor que la de la hembra, también se enrojece y se proyecta.
- ◆ Coloración externa del cuerpo que se acentúa en esta época.

### 2.3 METODOLOGÍA DEL DESOVE

Una vez los reproductores están maduros y listos para la extracción de sus productos sexuales son llevados a estanques especiales para su manejo. Se deben tener listos los elementos a utilizar en el desove (baldes, vasijas, plumas, etc.) debidamente desinfectados. Inicialmente se depositan las hembras en bañeras plásticas con agua a la que previamente se le agrega anestésico (MS 222, a una concentración de 75 ppm); al cabo de 2 minutos el pez comienza a perder el equilibrio, y es el momento cuando el operario retira la hembra del agua que contiene el tranquilizante y se introduce en agua fresca se lava bien y se seca suavemente para evitar que se humedezca el recipiente donde se van a recibir los huevos. El reproductor es apoyado lateralmente sobre el antebrazo derecho, con el poro genital en dirección al recipiente, sujetando con la mano izquierda la región caudal, de forma que la hembra permanece inclinada con la cabeza hacia arriba. Con el pulgar y el índice de la mano derecha se ejerce una ligera presión en la cavidad abdominal desde la parte anterior del tronco hacia el orificio genital; en los ejemplares completamente maduros los productos sexuales deberán fluir libremente (Fig 4).

El diámetro de las ovas de trucha oscila entre los 3 y los 6 mm, y existe relación entre el tamaño de la hembra con el de la ova que produce. A veces los huevos pueden salir acompañados con un poco de sangre, si esto sucede significa que las presiones han sido demasiado fuertes y hay ruptura de algún vaso sanguíneo. Normalmente estas pequeñas hemorragias no tienen importancia.

Una vez conseguidos los huevos de 4 a 5 hembras, se extrae el semen de los machos realizando la misma metodología descrita hasta que una película blanca los cubra completamente, indicando que la cantidad añadida es suficiente.

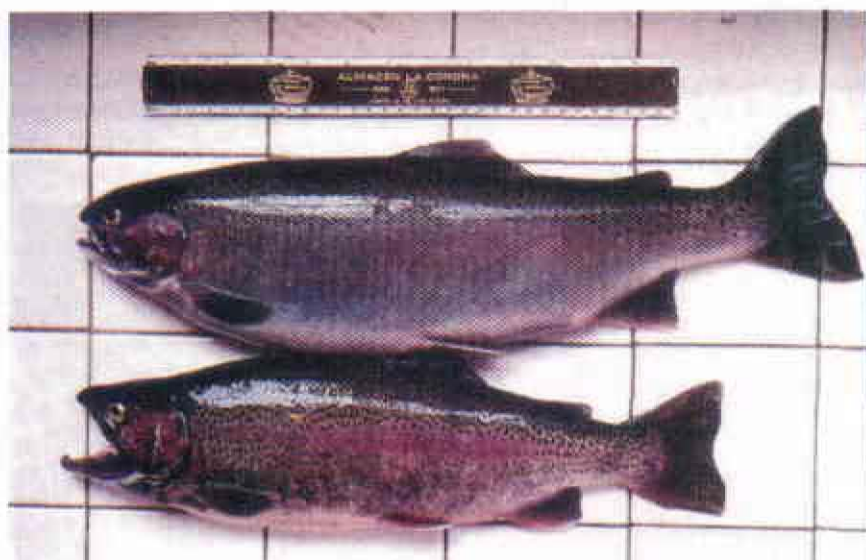
## 3. FECUNDACIÓN ARTIFICIAL

Existen dos métodos utilizados en la recolección de los huevos:

- ◆ El método húmedo.
- ◆ El método seco.

**El método húmedo** consiste en la recolección de los huevos en una vasija con agua a la cual posteriormente se le añade el semen. Si este proceso se efectúa con rapidez, se obtienen altos porcentajes de fecundación. Si se realiza lentamente, el porcentaje de fecundación puede ser bajo, debido a que la motilidad del espermatozoide en medio acuoso es de 30 a 90 segundos, por otro lado el huevo absorbe agua hidratándose y el micrópilo se cierra impidiendo la entrada del esperma. Por estas razones es **más utilizado el método seco**, con el cual se permite llegar a una fecundación prácticamente total de los huevos. En este sistema los huevos son recogidos en un recipiente completamente seco.

Estos procesos deben efectuarse en un lugar protegido, sin incidencia de luz solar directa.



**FIGURA 3. Reproductores de trucha arcoiris: hembra (arriba) y macho (abajo)**



**FIGURA 4. Proceso de obtención de huevos de trucha**

### 3.1 FERTILIZACIÓN

La fertilización ocurre cuando el espermatozoide penetra en el óvulo por el micrópilo. Una vez extraídos los productos sexuales, tanto de la hembra como del macho, se mezclan homogéneamente con una pluma durante un minuto, luego se adiciona agua de tal manera que la totalidad de los huevos queden cubiertos y se continúa con la mezcla, pasado un minuto, se añade agua para retirar restos espermáticos y materia fecal, hasta que quede completamente limpia y dejando el doble de agua que ocupa el volumen de los huevos, deben permanecer en reposo por un término mínimo de 60 minutos, tiempo en el cual ocurre la hidratación y endurecimiento de la membrana externa; luego se desinfectan con un producto a base de yodo.

Después de realizado un desove, el volumen obtenido debe ser cuantificado tanto para ajustar la cantidad a ubicar en cada unidad de incubación, como para lograr un estimado del número de larvas y alevinos a obtener después del proceso.

Las ovas son contadas antes de iniciar el proceso de incubación; este procedimiento puede ser efectuado por volumetría, que consiste en determinar el volumen de agua que desplaza un número conocido de ovas, a partir del cual se puede calcular el número real de huevos con el que se cuenta, aplicando la siguiente formula:

$$\text{No. ovas} = \frac{N \times V_t}{V_n}$$

En donde:

- N** = Número de ovas de la muestra  
**V<sub>n</sub>** = Volumen de agua desplazado por N  
**V<sub>t</sub>** = Volumen de agua desplazado por la totalidad de las ovas

Otro método de conteo utilizado es el que se realiza mediante el calculo del peso de las ovas (método gravimétrico). Es un procedimiento similar al anterior con la diferencia de que la muestra es pesada y también el número total de ovas. La formula es la siguiente :

$$\text{No. ovas} = \frac{N \times W_t}{W_n}$$

Donde :

- N** = Número de ovas de la muestra  
**W<sub>t</sub>** = Peso total de las ovas  
**W<sub>n</sub>** = Peso de la muestra N

Como desventaja de este método está la pérdida de ovas por manipulación.

Un método más práctico consiste en la tara de un pequeño recipiente con el que se determina el número aproximado de ovas que puede contener. Todos estos métodos son aproximados y debe tenerse en cuenta que existe un porcentaje de error.

EL sistema más preciso y rápido es aquel en que se emplean contadores automáticos que presentan una celda fotoeléctrica y tiene una capacidad de conteo de 1000 a 1500 ovas por minuto. Es el adecuado para grandes productores, no se recomienda para pequeños productores por su elevado costo.

### 3.1.1 Pruebas de fertilización

No todas las ovas obtenidas son finalmente fertilizadas, aun cuando los procedimientos de manejo hayan sido realizados eficientemente. Esto se debe a varios factores, entre los cuales especial importancia tiene el que las hembras son trabajadas en diferentes días después de la ovulación, lo cual significa que existe un variable potencial entre las mismas para alcanzar elevados porcentajes de fertilización. La determinación del numero real de ovas con el que se cuenta es fundamental para lograr una adecuada planificación de la producción.

La prueba de fertilización se realiza, entre seis y ocho días de incubación dependiendo de la temperatura. Para el efecto se retira una muestra correspondiente al 1 a 2 % de las ovas presentes y se sumerge en una solución de metanol: ácido acético: agua (proporción 1:1:1). Trascorridos uno o dos minutos aparece en las ovas fertilizadas una línea blanca que corresponde al cordón neural del embrión en formación (Fig. 5). Los huevos no fertilizados se muestran traslúcidos.

El número real de ovas fertilizadas se encuentra por las siguientes formulas:

$$\text{Factor de fertilización (FF)} = \frac{\text{Número de ovas con embrión normal}}{\text{Número de ovas de la muestra}}$$

El resultado de ésta relación es un factor que varía entre 0 y 1, entre más alto sea el valor nos indica mayor número de ovas fertilizadas.

$$\text{Número real de ovas fértiles} = \text{FF} \times \text{Número total de ovas en incubación}$$

El producto entre el factor fertilización (FF) y el número total de ovas en incubación muestra el número real de ovas fertilizadas en el desove.



**FIGURA 5. Ovas fertilizadas en las que aparece el cordón neural de un embrión con unos ocho días de desarrollo.**

Lotes con un bajo valor de fertilización deben evaluarse permanentemente y en algunos casos su eliminación puede ser conveniente debido a que en este tipo de ovas originan pérdidas significativas en las etapas posteriores del cultivo.

Los registros siguientes durante la incubación corresponden a los datos sobre la mortalidad la cual debe ser retirada periódicamente. Al final de la fase y disponiendo tanto del número real inicial (ovas fertilizadas) como del número de larvas obtenidas, se calcula un Índice de Eficiencia con la fórmula siguiente:

$$\text{Índice de eficiencia} = \frac{\text{Número de larvas obtenidas}}{\text{Número real de ovas fértiles}}$$

El registro constante de estos parámetros (Factor de Fertilización, Índice de Eficiencia) permite establecer el rango normal de trabajo en cada sitio y, consecuentemente, facilita la rápida detección de problemas asociados al manejo de la producción, además del control a la operación del centro. Adicionalmente favorece la evaluación y comparación interna en programas de selección, grupos de reproductores, padrotes individuales, ciclos anuales o con otras granjas de producción.

### 3.2 INCUBACIÓN

Se entiende por incubación el período durante el cual el pez se desarrolla dentro del huevo y desde este momento hasta el nacimiento del alevín, se distinguen dos fases bien definidas:

- ◆ La primera denominada **ova verde** comprende desde la fecundación hasta la aparición de los ojos.
- ◆ La segunda denominada **ova embrionada** va desde la aparición de los ojos hasta el momento de la eclosión.

La duración de este período se expresa en grados día. Lo que indica el número de días que tarda el proceso de incubación de los huevos a la temperatura de un grado centígrado. Para la trucha arcoiris está definido en un rango de 290 a 330 grados/día.

La eclosión dura alrededor de 50 grados/día, esto quiere decir que las primeras larvas nacen a los 290 grado/día y las últimas a los 330, aproximadamente. Los mejores resultados en el proceso de incubación se obtienen con una temperatura del agua entre los 9 y 12 grados centígrados, el pH entre 7 - 8.5 y el oxígeno disuelto en 7 ppm.

### 3.2.1 Selección de ovas

Una práctica que mejora la calidad, especialmente cuando no se dispone de lotes homogéneos de reproductores, corresponde a la separación de los lotes de ovas en grupos de acuerdo con su diámetro. Se ha establecido que este manejo mejora la calidad de los alevinos.

Para llevar a cabo ésta selección se pasan las ovas a través de clasificadores con perforaciones de diferente diámetro. La ventaja de dividir los lotes en subgrupos estriba en que se incrementa la homogeneidad de los alevinos. Esta clasificación se puede efectuar tanto en ova verde, inmediatamente después de la fertilización, y antes de que las ovas ingresen a incubación, obteniéndose mejores resultados en ova embrionada.

La relación entre el tamaño de la ova y la talla de la larva es directa; es decir, las ovas de mayor diámetro dan origen a larvas de mayor tamaño y viceversa. Esto no significa que las larvas menores, por esta razón, tengan un menor potencial de rendimiento en cultivo. Cuando tal separación no se efectúa, las diferencias iniciales tienden a acentuarse, dando origen con el tiempo a una mayor proporción de animales pequeños, precisamente los que en cultivo se califican como "colas".

### 3.3 DESARROLLO DEL EMBRIÓN

Desde el momento del desove de la hembra, el huevo presenta las siguientes características estructurales:

La mayor parte del huevo está constituido por un líquido amarillento y viscoso denominado vitelo, sales neutras y corpúsculos oleaginosos. Este se encuentra protegido por una membrana protoplasmática denominada membrana vitelina que se ensancha en la parte cercana al micrópilo, formando el disco germinal, donde se encuentra el núcleo al que se fusionará el espermatozoide. Protegiendo el huevo se encuentra una cáscara porosa, con una abertura llamada micrópilo por donde penetra el espermatozoide. Entre la cáscara y la membrana vitelina se encuentra el espacio perivitelino (Fig. 6).

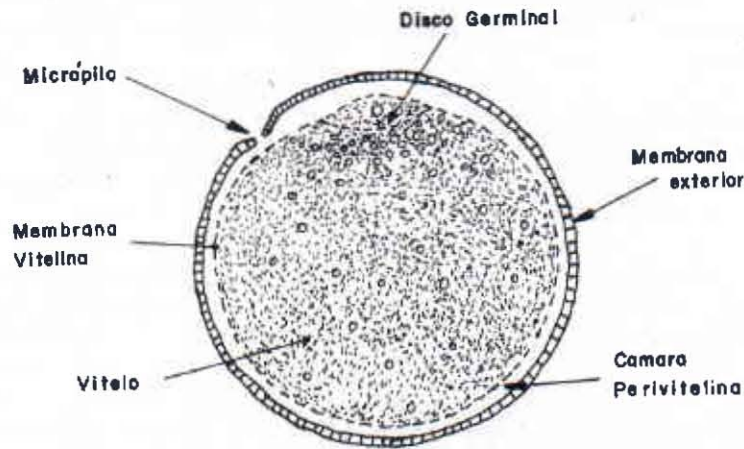
Durante todo el proceso el embrión se alimenta del vitelo, por lo que es importante manipular lo menos posible las ovas, puesto que si la membrana vitelina se rompe las sales salen al espacio perivitelino y muere el embrión; por lo tanto las ovas sólo deben manipularse entre las 48 horas siguientes a la fecundación y a partir de la fase de ova embrionada. A veces existen huevos no fecundados cuyo aspecto exterior da la apariencia de un huevo normal fecundado, por lo que es necesario en la etapa de ova embrionada efectuar un chequeo que a su vez ayuda a eliminar los embriones débiles o defectuosos. El chequeo consiste en succionar los huevos con la ayuda de una manguera desde la incubadora y lanzarlos a un balde con agua a una altura que oscila entre 20 ó 30 centímetros. Los huevos que tomen una coloración blanquecina después de efectuar este proceso deben ser retirados .

### 3.4 ECLOSIÓN

Cuando el nacimiento está próximo el huevo se vuelve ligeramente ovalado, su membrana exterior pierde consistencia y luego por acción de una enzima proteolítica (diataza) se disuelve, ayudando al nacimiento de la larva.

### 3.5 LARVAS (ALEVINOS CON SACO O VESÍCULA VITELINA)

Este periodo comprende desde la eclosión hasta la reabsorción del saco vitelino. Los peces recién eclosionados presentan una gran bolsa en forma ovalada en su región ventral, la cual contiene un material de reserva que es



**FIGURA 6. Corte transversal de un huevo de trucha (Tomado de Amaya y Anzola, 1988)**

utilizado en la finalización de su desarrollo. Su talla inicial es de 15 milímetros aproximadamente y cuando termina esta fase su talla será de 20 milímetros (Fig.7)

Al igual que las ovas deben ser mantenidas en completa oscuridad y no se deben perturbar en lo posible. Es muy importante extraer los huevos cuya eclosión no se efectuó, igualmente se deben retirar diariamente las larvas muertas con el fin de evitar contaminación por bacterias y hongos.

La duración del proceso de la reabsorción de la vesícula depende de la temperatura y por lo general tiene una duración de 1 a 2 semanas (180 a 200 grados/día), hasta que los alevinos empiecen a nadar y consumir alimento. El inicio de la alimentación es un momento clave para el futuro desarrollo de los peces. Un criterio práctico es el de suministrar el alimento cuando aproximadamente un 10% de la población empieza a nadar. Mientras más veces al día se alimente los resultados obtenidos en supervivencia, crecimiento y homogeneidad serán mejores. Si es posible, en estas primeras semanas de vida un suministro de comida cada 15 a 20 minutos es ideal. Al menos se debe asegurar entre 13 y 16 comidas diarias.

En caso de que el criadero no cuente con canaletas para mantener las larvas, estas pueden depositarse en canastillas cuya estructura sea de madera, fibra o fórmica forradas con angeo plástico tipo mosquitero con tapa, las cuales se instalan en los canales de alevinaje, separadas del fondo unos 10 a 15 centímetros, con el fin de evitar que los materiales en suspensión, que provienen del agua que alimenta el canal, afecten los pequeños peces.

### 3.6 SEMILLA IMPORTADA

Se refiere a la utilización de ovas adquiridas en centros extranjeros especializados en el manejo, producción y sistemas de distribución de ovas. Para este tipo de semilla, los productores adquieren directamente las ovas y finalizan con la incubación y las demás fases de reabsorción y alevinaje, lo cual es posible siempre y cuando se cuente con las necesarias condiciones de calidad de agua, siendo necesario llevar a cabo este proceso en el rango de temperatura adecuado.

Cuando estas condiciones no se dan, los alevinos provenientes de ovas importadas son adquiridos para continuar con ellos las fases restantes de la producción de carne. En algunos casos, si las características del sitio lo permiten, ciertos productores adquieren larvas en estado avanzado de reabsorción de saco vitelino, con lo que se reducen los costos.

De cualquier manera, la utilización de ovas importadas requiere adelantar la fase final del proceso de incubación, desde ova embrionada hasta eclosión, además de la reabsorción de saco vitelino, para lo cual se necesita disponer de infraestructura apropiada. Estas ovas son transportadas en empaques térmicos, en los que se mantienen a una

temperatura de 1 a 3 °C y permanentemente húmedas (Figs. 8 y 9). Las ovas se ubican en las canastillas superpuestas, colocando abundante hielo en la primera y en la última. Con un empaque adecuadamente realizado, el transporte en esta fase puede durar hasta 72 horas.

Finalizado el transporte se debe proceder con la aclimatación de las ovas de forma que se logre aumentar la temperatura de manera suave y constante hasta alcanzar la del agua en las incubadoras. La aclimatación se puede realizar ubicando las ovas directamente en agua que ha sido enfiada hasta la temperatura del empaque y el incremento se hace mediante la adición paulatina de agua a mayor temperatura.

En otro procedimiento, las ovas se dejan en las bandejas de empaque y se bañan constantemente (cada 10 – 15 minutos) con agua a una temperatura uno o dos grados superior. El incremento debe ser monitoreado permanentemente con un termómetro, con un ascenso de temperatura entre 2 y 4 °C por hora, hasta llegar al punto en el que se encuentra el agua en las incubadoras. El tiempo total de aclimatación puede estar entre las 2 y las 4 horas.

Finalizado el procedimiento se debe contar el número de ovas y proceder a su colocación en el sistema de incubación bien sea en incubadoras verticales de flujo descendente o en canastillas (tipo californiano) ubicadas en canales horizontales. El flujo aproximado en incubación es de 1.5 – 2.5 litros por minuto por cada 10000 ovas.

### 3.7 CONTROL SANITARIO EN OVAS Y LARVAS

Las canaletas, bastidores, baldes y demás elementos a utilizar deben estar previamente desinfectados, con un producto a base de yodo a una concentración de 250 ppm.

Las ovas verdes una vez hidratadas y con cáscara endurecida pueden ser sometidas a un baño corto en una solución de yodo a una concentración de 50 ppm.

Los huevos muertos o no fecundados son rápidamente atacados por hongos, generalmente de los géneros *Saprolegnia* y *Achyla*, por lo que se recomienda la utilización de verde de malaquita libre de zinc en solución, cuya concentración final sea de 2 ppm. Para los sistemas de flujo horizontal se adiciona en la cabecera del canal, realizando una disminución en el nivel del agua de tal forma que la droga actúe durante 30 minutos. En el caso de las incubadoras de flujo vertical se puede aplicar por goteo (una gota por segundo) en la entrada del agua de la primera bandeja de incubación durante una hora cada dos días. Una vez ocurra el embrionamiento se reduce a 15 ó 30 minutos y se suspende 3 a 5 días antes de la eclosión.

En la etapa de reabsorción la mortalidad es mínima si el manejo y situación sanitaria son correctas; esto se logra substrayendo las ovas muertas, las cáscaras y los alevinos que van muriendo, pues son focos de infección. Cuando se inicia el suministro de alimento es necesario retirar diariamente por sifoneo el concentrado que no fue consumido.

Es normal observar peces con diferentes anomalías como alevinos siameses, con problemas de columna (enrollados), con dos cabezas, entre otros, que no causan ningún problema y por lo general mueren en un corto tiempo.

La enfermedad más común para esta etapa es la del SACO AZUL, que se caracteriza por un aumento en el tamaño del saco vitelino y se torna de una coloración azul. Parece que esta situación se presenta por una acumulación de desechos metabólicos, la cual se puede subsanar aumentando el flujo de agua.

La ENFERMEDAD DE LAS BURBUJAS es poco común pero se puede presentar por una sobresaturación de oxígeno y otros gases en el agua que se acumulan en el saco vitelino, deformándolo y en otros casos puede presentarse bajo la piel. La solución es obligar a que el agua de la fuente transite por un recorrido largo con el fin de liberar los gases.

### 3.8 ALEVINAJE

Una vez las larvas han reabsorbido su vesícula vitelina, nadan libremente y reciben el alimento sin ninguna dificultad y ya en esta etapa se denominan alevinos, hasta que alcanzan una talla aproximada de 8 cm, momento en el cual se llaman dedinos o juveniles y se comienza con la etapa de engorde.



**FIGURA 7.** Larvas de trucha arcoiris en las cuales se observa el saco vitelino



**FIGURA 8.** Ovas embrionadas en las bandejas de empaque.



**FIGURA 9.** Nevera utilizada en el transporte de ovas embrionadas.

La fase de alevinaje es uno de los períodos más críticos, donde se deben tener muchos cuidados en el manejo, pues de esto depende el éxito o fracaso de un criadero de trucha especialmente en tallas entre 2.5 - 3.5 cm.

### 3.8.1 Infraestructura

Algunos productores de semilla utilizan los mismos canales donde se encuentran las larvas para el levante de los alevinos hasta una talla de 5 cm, trasladándolos luego a canales externos. Cuando no se cuenta con esta infraestructura, las pequeñas truchas son transportadas a estanques en el exterior de forma rectangular o circular y construidos en cemento, fibra, madera o material galvanizado; este último debe ser recubierto con una pintura a base de caucho, con el fin de evitar la formación de óxido de zinc que es altamente tóxico.

Como los alevinos son muy sensibles a los rayos solares directos, los canales deben estar en un lugar protegido denominándose este sitio galpón o sala (Fig. 10).

Las piletas de forma rectangular son muy similares a las utilizadas en el mantenimiento de las larvas, la principal diferencia se encuentra en el tamaño. Deben presentar la entrada y salida del agua opuestas y las paredes y fondos deben ser lo más lisos posibles (cemento esmaltado o porcelanizado), con el fin de evitar el maltrato de los peces debido al roce y acumulaciones de material que pueden afectar la calidad del agua y obstaculizar el flujo. Igualmente deben ser pintados de un color claro para facilitar la observación permanente de los animales.

El suministro de agua puede ser por tubería, manguera o por canal, pero siempre se debe contar con un registro para el control del caudal. La salida o desagüe puede diseñarse por rebosamiento o por vertedero y el más utilizado por lo práctico es el sistema en tubo que permite mantener el nivel del agua, pero el diámetro de este debe ser superior al del tubo de entrada.

Muchos productores utilizan estanques circulares para alevinos de tallas superiores a los 5 cm, que por presentar una corriente tangencial hace que los peces permanezcan nadando contra la corriente sin encontrar obstáculo alguno, fortaleciendo su musculatura y por ende su crecimiento es más vigoroso. Así mismo se distribuyen uniformemente por todo el espacio disponible permitiendo tener mayor densidad por unidad de área en comparación con los tanques rectangulares. (Tabla 1).

Este sistema presenta un desagüe central y su fondo debe estar inclinado en todas sus direcciones hacia este y con una pendiente del 5 al 10%. Esto representa la ventaja de permitir una autolimpieza del material sedimentado. Al igual que los anteriores su interior debe ser completamente liso. La salida del agua y el control del nivel se realizan desde afuera, por un tubo acodado que se comunica con el tubo central de desagüe. La entrada del agua debe efectuarse desde un tubo perforado colocado perpendicularmente al tanque; de esta manera el agua es expulsada a presión por los orificios originando una corriente circular (Fig. 11).

Las dimensiones de los tanques son variables dependiendo del número y tamaño de las truchas, encontrándose desde 2 hasta 15 metros de diámetro con una profundidad de 50 a 80 cm.

El buen desarrollo de los alevinos se ve influenciado por varios factores, entre los cuales vale la pena mencionar:

- ◆ Cantidad y la calidad del agua
- ◆ Densidad
- ◆ Manejo
- ◆ Alimentación

**La cantidad de agua** que debe ingresar al estanque está condicionada al número de alevinos que se requiera mantener. Como orientación, las tablas 2 y 3 indican las necesidades de caudal y espacio para un número determinado de peces de acuerdo a la talla y temperatura del agua.

**De la calidad del agua** depende el desarrollo de los animales. esta debe encontrarse sin ningún tipo de contaminación, poco sedimento y con parámetros físico-químicos estables. Uno de los factores de mayor influencia es la temperatura, que es ideal cuanto más próximo se encuentre al rango óptimo (tabla 4).

**TABLA 1. Relación respecto a la densidad en estanques rectangulares y circulares**

Longitud de los dedinos	Número por m <sup>2</sup> en estanque	
	Circulares	Rectangulares
6 cm	2100	1000
7 cm	1500	750
8 cm	1200	600
9 cm	1000	500
10 cm	850	400

Fuente: BIOTER S.A., 1972



**FIGURA 10. Galpón de alevinaje donde permanecen los alevinos protegidos de la luz solar directa**

No es suficiente una buena calidad y cantidad de agua para obtener excelentes truchas. La parte más importante es la atención prestada a los alevinos, las constantes labores de limpieza, una adecuada alimentación, la selección por tallas y la adición de medicamentos preventivos y/o curativos que harán de los pequeños peces unos excelentes adultos.

**TABLA 2. Caudal mínimo en litros/minuto para 10000 alevinos según la temperatura del agua.**

Longitud de los alevinos (cm)	Temperatura del agua (°C)				
	5	7	10	12	15
3.0	5	6	7	8	10
3.5	7	8	10	12	15
4.0	10	11.5	14	16	20
4.5	14	16.5	20	24	30
5.0	18	21	26	30	40

Fuente: Martín (1976)

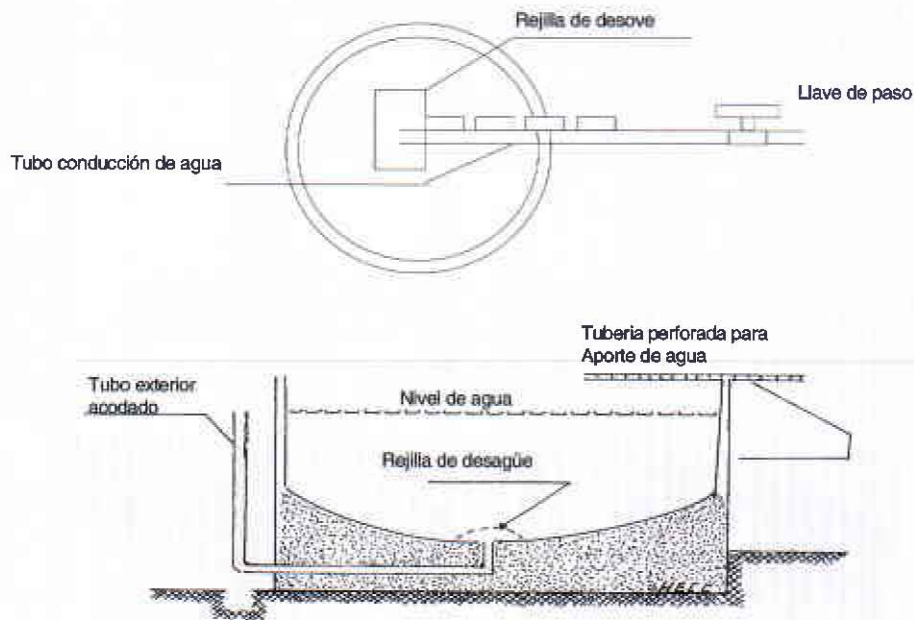


FIGURA 11. Estanque circular para el cultivo de la trucha

TABLA 3. Necesidades de espacio para el levante de los alevinos de trucha

Longitud de los alevinos (cm)	Alevinos por m <sup>2</sup>	
	Ejemplares/m <sup>2</sup>	Kilos/m <sup>2</sup>
1.5	10000/30000	1/3
2	10000/30000	1/3
3	10000	3.8
4	3000/5000	2.4/4
5	2500	3.5
6	1500	4

Fuente: Martín (1976)

TABLA 4. Influencia de la temperatura del agua en el crecimiento de los alevinos de trucha arcoiris.

Temperatura del agua (°C)	Talla (cm) al cabo de:			
	60 días	90 días	120 días	150 días
5	2.5	3.0	3.5-4	5.0
7	3.0	3.5	4.5	5.5
10	3-3.5	4-5	5-7	6-9
12	4.0	6.0	8.0	10.0
15	5.0	7.0	9.0	11.0

Fuente: Martín (1976)

Dentro de un lote de alevinos, incluso procediendo de los mismos reproductores y mantenidos en iguales condiciones, siempre existirá diferencia en el crecimiento entre unos y otros, la que se hace más notoria a partir de los 3 cm y puede persistir durante toda su vida. Se pueden presentar, entonces, ejemplares más desarrollados que otros a los cuales se les denomina "cabezas" y que corresponden por lo general a un 25 % del lote; un "centro" que viene a ser un 50 % y los más pequeños o "colas" que constituyen el otro 25 %. Por lo general las cabezas son hembras y las colas son machos.

En esta etapa se presenta canibalismo, por esta razón se debe efectuar una separación por tallas o selección, buscando que no existan diferencias en tamaño superiores al 30 %. De esta manera se controlará la predación. El tamaño de las truchas que se pueden tener en un mismo estanque se presenta en la tabla 5.

**TABLA 5. Tamaño máximo y mínimo de las truchas en un mismo estanque**

Talla mínima (cm)	2	2.5	4	5	6.5	8	9	10	12	13	14
Talla máxima (cm)	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22

Fuente: Martín (1976)

Existen diferentes aparatos para la clasificación, desde equipos altamente especializados hasta los más sencillos que están formados por una serie de varillas fijas a un bastidor, tal como se observa en la figura 19. La luz entre varilla y el tamaño del pez que pasa entre ellas, se indica en la tabla 6.

**TABLA 6. Relación entre la separación de las varillas con respecto a la longitud del pez**

Separación de los varillas del clasificador (mm)	Longitud mínima de las truchas que pasan entre ellas (cm)
3	3
4	4
6	6
8	8

Fuente: Martín (1976)

Cuando los peces van a ser manipulados, deberán encontrarse en ayunas; el trabajo debe realizarse en horas de la mañana con el fin de evitar problemas por el incremento de la temperatura del agua y los estanques o canales estar previamente preparados y desinfectados.

Con los equipos y peces listos, se coloca en el estanque el seleccionador de acuerdo a la talla promedio de las truchas a clasificar; los animales se transportan en una caneca al sitio y se hacen pasar por las varillas. Aquellos que no puedan pasar son retirados a un tanque aparte, de ser necesario se pueden realizar simultáneamente las actividades de medición, pesaje y conteos.

A los alevinos se les debe suministrar un alimento balanceado con un alto valor de proteína (preferiblemente entre un 45-50 %). Actualmente en el país ya se dispone de alimentos para truchas que cumplen esta exigencia. En cualquier caso, los gránulos deben tener un tamaño apropiado para la boca del pez, por lo que generalmente se hace necesario moler el pellet, tamizarlo y distribuir la harina resultante.

Una vez establecida la cantidad de alimento diario a suministrar ésta debe repartirse en 8 a 10 dosis diarias, que se esparcen a lo largo de todo el estanque para que la totalidad de los peces puedan tener acceso a la cantidad apropiada.

### 3.8 Transporte de ovas y alevinos

Prácticamente todas las granjas deben transportar o trasladar ovas o alevinos. Es una actividad bastante sencilla donde la mortalidad es muy baja si se efectúa con las técnicas y cuidados apropiados.

#### 3.8.1 Transporte de ovas

Estas se pueden transportar cuando se han hidratado y su cáscara se ha endurecido. En este estadio no existe problema alguno en su manipulación durante las primeras 48 horas, por lo que fácilmente soportan viajes relativamente cortos de 4 - 5 horas; para tal efecto se utilizan recipientes (cantinas) que se llenan con 1/3 de agua y el resto de huevos. La temperatura conviene mantenerla lo más bajo posible para disminuir el metabolismo del embrión.

Como se describió anteriormente, cuando se observan los ojos (ova embrionada) se pueden efectuar transportes más largos, incluso de 3 a 4 días. Para este caso se utilizan recipientes como cajas de icopor ( neveras) o cajas de cartón parafinado, herméticamente cerradas. En el interior se instalan, superpuestas, pequeñas bandejas o canastillas en madera y con malla plástica o icopor con el fondo perforado. Cada una de estas se recubre con gasa estéril previamente humedecida y sobre ella irán las ovas. En la bandeja superior se coloca hielo picado con lo que se mantiene la humedad de los huevos y se reduce la temperatura; para evitar exceso de humedad, en la canastilla inferior se instalará espuma o cualquier material absorbente. Para que no se inicie la eclosión durante el transporte, las ovas deben transportarse cuando lleven acumulados unos 200 grados/día .

Es importante que antes de depositar las ovas en las incubadoras, éstas sean aclimatadas mediante la adición de pequeños volúmenes del agua, en donde serán ubicadas definitivamente.

#### 3.8.2 Transporte de alevinos

Por lo general se realizan en bolsas plásticas de un calibre de 2.5 - 3.0 de fondo circular o cuadrado,. Las dimensiones más comunes son las siguientes: altura 0.80 - 0.90 m., largo 0.30 - 0.35 m., ancho 0.20 - 0.25 m.

Cuando las truchas están contadas se procede a colocarlas dentro de las bolsas que contienen 1/3 de agua. Posteriormente, se inyecta oxígeno hasta que se ocupen las 2/3 partes restantes. Se cierran herméticamente, sellándolas con bandas de caucho, de tal forma que no se dé la posibilidad de escape del oxígeno inyectado.

La cantidad de peces que se pueden transportar por bolsa depende del tamaño del animal y el tiempo del recorrido como se ilustra en la tabla 7.

**TABLA 7. Transporte de truchas**

Especie tamaño (cm)	Volumen de bolsa(lt)	Cantidad de agua (lt)	Temperatura del agua (°C)	No. de Peces y/o peso (g)	Duración transporte (horas)
Truchas 4 - 6	50	15	10	500 800-12000g	15
Truchas 9 - 12	50	10	10	100 1500 g	12
Truchas 12 - 15	50	15	10	100 2500 g	12

Fuente: Vollman-Schipper (1978)

Cuando el recorrido es largo o es necesario atravesar por zonas cálidas se adiciona hielo alrededor o en el interior de las bolsas. Con el fin de evitar rupturas o pinchazos se recomienda colocarlas dentro de cajas plásticas, icopor o cartón. Una vez finalizado el transporte y si se tiene el lugar preparado para recibir las truchas se introducen las

bolsas en el agua durante 10 a 15 minutos de tal forma que se equilibren las temperaturas; luego se abren y se permite que entre agua del estanque y que los alevinos salgan por su propia cuenta.

Existen otros tipos de recipientes, como los tanques transportadores que son construidos en metal o en fibra de vidrio los cuales llevan acoplados diferentes sistemas de aireación u oxigenación. Se utilizan especialmente para el transporte de peces de una talla superior a los 8 cms y/o para programas de repoblación.

#### 4. ENGORDE

Cuando los alevinos adquieren una longitud entre los 5-8 cm que en peso corresponde a un intervalo aproximado de 1.5 a 6.5 g, se inicia el proceso de engorde o ceba, que finaliza con el sacrificio cuando alcanzan la talla comercial que esta de acuerdo con los requerimientos del mercado.

La duración de ésta etapa está condicionada a las calidades del agua, en especial a la temperatura y al tipo de manejo que se mantenga durante el proceso.

##### 4.1 INFRAESTRUCTURA

El engorde puede desarrollarse en estanques o en jaulas.

##### 4.1.1 Estanques

La forma, tamaño y distribución de los estanques depende del caudal disponible y la topografía del terreno. Estos deben cumplir con ciertos requisitos como el mantener una corriente uniforme del agua a todo lo largo y especialmente hacia el fondo con el fin de arrastrar los sedimentos hasta la salida para un mayor aprovechamiento. Los estanques construidos en tierra presentan menor capacidad de carga en comparación con los de cemento, debido principalmente a la retención de materia orgánica que en su degradación disminuye los niveles de oxígeno disuelto, reduciendo su disponibilidad para las truchas en cultivo.

En cuanto a la forma, pueden ser rectangulares o circulares, en los primeros su longitud debe ser aproximadamente 10 veces su ancho; sus características estructurales son muy similares a las utilizadas en el levante de larvas y alevinos. Se recomienda que la conducción del agua se haga por gravedad a partir del canal de distribución y que la entrada al estanque sea en forma de cascada, buscando abarcar la mayor parte del ancho del estanque (Fig. 12),

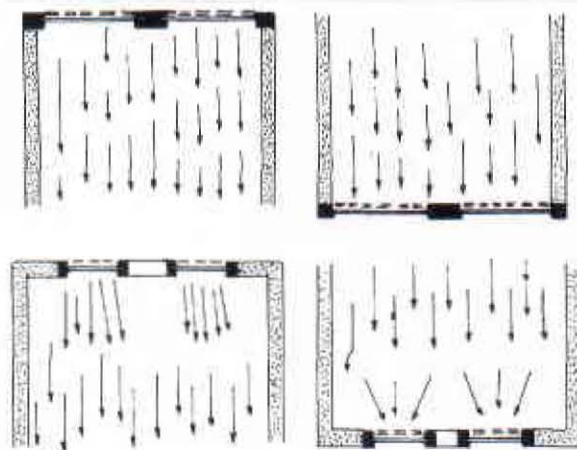
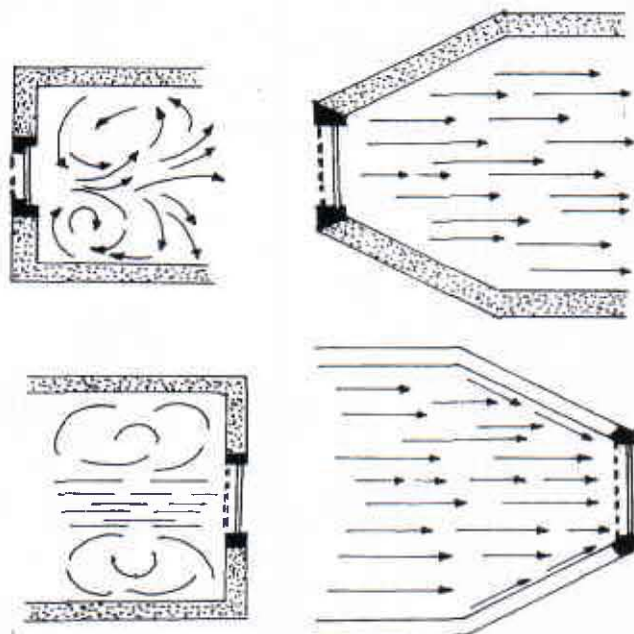


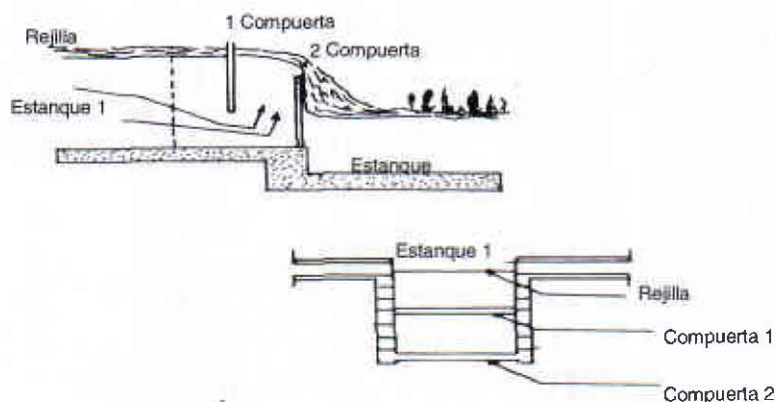
FIGURA 12. Disposición de entrada y salida de agua en los estanques, evitando espacios muertos en los ángulos al disponer de doble punto de entrada y salida (Tomado de Blanco, 1984)

así la lámina adquiere una mayor uniformidad y se obtiene disminución de espacios muertos, que corresponden a las zonas donde apenas hay corriente y la renovación es escasa, lo cual ocurre especialmente en las esquinas. Pueden darse otras modificaciones al diseño de la entrada y salida del agua, con las que se evitan los problemas descritos anteriormente y a su vez se aumenta la velocidad para favorecer un mejor rendimiento (Fig. 13).

La salida del agua debe ser de tal manera que se permita renovar especialmente la del fondo, que es la de menor calidad. Para lograr esto se puede utilizar un desagüe de doble compuerta (Fig.14) o un codo en balancín. Con el primer sistema la regulación del nivel se efectúa mediante el manejo de compuertas que constan de varias tablas de madera que permiten disminuir el volumen del agua hasta lograr un vaciado total del estanque. Con el segundo la



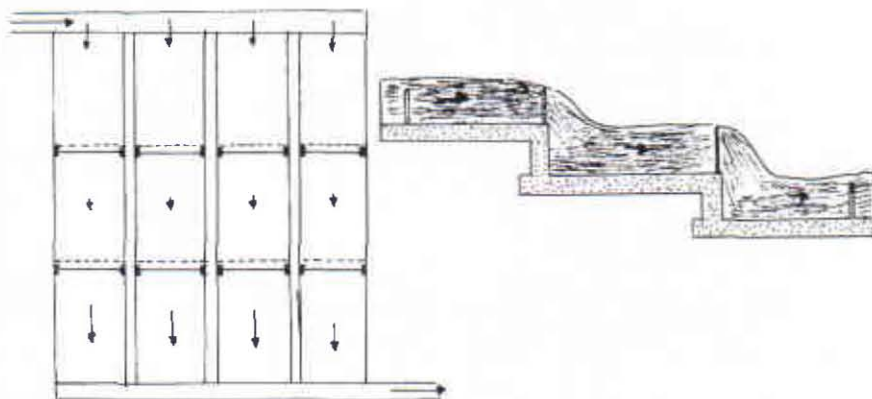
**FIGURA 13.** La disposición arquitectónica de los estanques favorece el rendimiento hidrodinámico, acelerando la velocidad de la corriente y evitando espacios muertos. (Tomado de Blanco, 1984)



**FIGURA 14.** Desagüe de doble compuerta, el cual favorece la corriente de fondo mejorando el recambio de agua. (Tomado de Blanco, 1984)

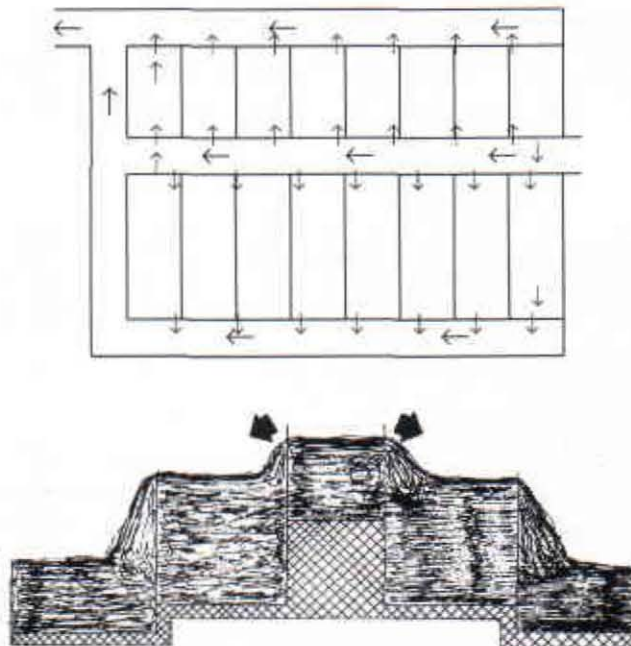
inclinación del tubo acodado regula el nivel; aquí es importante construir un rebosadero en la parte superior de la pared o del dique del tanque para evacuar las aguas sobrantes en caso que se presente una obstrucción en la rejilla.

Cuando la cantidad de agua no es suficiente, los estanques se pueden colocar en serie de tal forma que el rebosadero del anterior sea el punto de entrada de agua para el siguiente; se recomienda establecer entre los dos estanques una diferencia de altura de tal manera que se presente una caída para facilitar una reoxigenación (Fig. 15).



**Figura 15. Disposición de los estanques en serie para un mejor aprovechamiento del agua. (Tomado de Blanco 1984)**

Con un caudal de agua abundante el sistema de disposición más utilizado es el denominado en paralelo, en donde los estanques se encuentran unidos o comparten sus paredes laterales. En este caso cada uno recibe su caudal independientemente (Fig. 16).



**FIGURA 16. Disposición de los estanques en paralelo o espina de pescado. (Tomado de Blanco, 1984)**

Los tanques rectangulares pueden ser en tierra, revestidos en material plástico, cemento y concreto. Los primeros son excavaciones sobre el terreno que encierran un volumen dado de agua. El terreno debe presentar de un 20 a un 40 % de arcilla con el fin de evitar filtraciones. La ventaja principal de este tipo de estanque está dada por su reducido costo, sin embargo en estos la capacidad de carga sea menor, además presentan corta vida útil, especialmente por la acción erosiva del agua que deteriora el fondo y los taludes, lo que a largo plazo aumenta los costos de mantenimiento y finalmente, se dificulta las labores de manejo en su interior. Para subsanar estas desventajas se utilizan recubrimientos en plástico, cemento o el material conocido como geomembrana que ha dado excelentes resultados. En este tipo de estanques es conveniente empardizar los taludes para evitar la erosión.

La mayoría de las piscifactorías utilizan estanques de concreto y aunque resultan más costosos ofrecen las siguientes ventajas:

- ◆ Pueden ser construidos en cualquier terreno
- ◆ Su vida útil es larga y gastos de mantenimiento bajos
- ◆ Presentan mejores condiciones sanitarias
- ◆ Facilitan las actividades de manejo
- ◆ Tienen una mayor capacidad de carga

Estos pueden ir enterrados, semienterrados y superficiales. Los últimos tienen menor costo en su construcción. Los estanques circulares son similares a los descritos para la fase de alevinaje.

#### 4.1.2 Jaulas

Cuando se tiene acceso a un lago, laguna, embalse o a un gran cuerpo de agua que presente las características apropiadas para el cultivo de truchas se puede instalar un sistema de producción en balsas o jaulas flotantes (Fig. 17).

Se trata de recintos encerrados por redes que mantienen un volumen de agua, y donde se mantienen los peces en el mismo medio en que viven, permitiendo un cultivo intensivo. Aquí el agua es renovada continuamente a través de las mallas y de esta forma se aporta oxígeno permanentemente. La temperatura es relativamente constante y se impide la entrada de predadores.

La estructura básica de un sistema de este tipo comprende:

- ◆ Sistema de soporte o muelles
- ◆ Sistema de flotación
- ◆ Redes o jaulas
- ◆ Sistema de anclaje

Los soportes o muelles pueden ser construidos en madera, aluminio, hierro galvanizado o cualquier material que sea capaz de soportar el peso de la red y a la vez resista las fuerzas provocadas por el viento y el oleaje. Es conveniente que lleven corredores en todo el perímetro de la jaula para facilitar las actividades de manejo.

Para la flotación del muelle se utilizan canecas metálicas, bidones plásticos, icopor de alta densidad etc., sujetadas por manilas o abrazaderas.

Como en este sistema se adelanta el proceso completo de levante y engorde es necesario contar con jaulas que tengan redes de diferentes ojos de malla que sean los adecuados para cada fase de cultivo y que permita la salida de los residuos de desechos provenientes de la alimentación y excretas. El material más empleado es el nylon multifilamento y el plástico rígido, dependiendo de las necesidades o capacidades del piscicultor. Se recomienda realizar antes de la instalación un tratamiento con pintura asfáltica o algún producto que evite la excesiva fijación de algas, lo que permite una vida útil más larga y que las labores de limpieza sean menos exigentes. Las redes deben ser de un color oscuro, y en lo posible sin nudos, lo que evita la adherencia de algas y que el pez se lastime por rozamiento.



**Figura 17. Módulo de jaulas flotante en el lago de Tota (Boyacá)**

El tamaño de la jaula puede ser variable y debe estar acorde con las producciones deseadas. Son comunes, las jaulas con una superficie que puede variar entre los 15 y 30 m<sup>2</sup>, con una altura comprendida entre los 2 y 4 metros. El ojo de malla se encuentra de acuerdo con la talla de los animales que se cultivan en las diferentes etapas y a su crecimiento, tal como se indica en la tabla 8.

Las redes deben llevar algunas pesas en sus aristas, con el fin de evitar que por acción de las corrientes se replieguen y se pierda volumen efectivo.

Todo el conjunto de jaulas debe quedar fuertemente anclado por medio de cuerdas resistentes (manilas de nylon de más de una pulgada).

**TABLA 8. Relación entre el tamaño de la trucha y el ojo de la luz de la malla**

Tamaño de la trucha (cm)	Luz de la malla	
	Pasan (mm)	No pasan (mm)
Menores de 3.5	4	menor 4
Mayores de 3.5 y menor de 6	6	4
Mayores de 6.0 y menor de 10	9	6
Mayores de 10 y menor de 16	15	9

Fuente: García-Badell (1985)

El conjunto de jaulas se ubica de forma perpendicular a la corriente predominante en el cuerpo de agua y en un lugar protegido de fuertes vientos y oleajes. La profundidad desde el fondo de la red hasta el fondo del lago será el doble de la altura de la malla.

#### 4.1.3 Manejo de estanques

Al igual que la producción de semilla, el proceso de engorde requiere unos factores específicos, especialmente un rango ideal de temperatura con el que se logren los mejores resultados. Así, este parámetro debe encontrarse entre

los 13 - 17° C, siendo el óptimo entre 15 - 16°C en promedio y con una variación muy estrecha respecto a estos valores. El oxígeno deberá ser superior a 7 ppm y no debe tener un valor inferior a 5.5 ppm en la descarga.

El caudal debe ser constante y a manera de referencia en la tabla 9 se indican las necesidades mínimas requeridas para 10000 truchas de diferente talla, de acuerdo con la temperatura.

El caudal de ingreso tiene especial importancia debido a que la cantidad de agua que entre al estanque influirá en el nivel de oxígeno disponible para las truchas y por consiguiente en su densidad.

De cualquier manera el flujo al interior del estanque estará limitado también por la velocidad que adquiere el agua dentro de la unidad. Una corriente excesiva genera un ejercicio constante de natación, con los consecuentes gastos energéticos que pueden reducir las tasas de crecimiento esperado. Por el contrario, un flujo demasiado reducido puede resultar peligroso para los peces tanto por la insuficiencia en oxígeno disponible como por una deficiente remoción de los productos de desecho metabólico. Una velocidad máxima del agua del orden de 2 a 3 cm/seg se considera aceptable.

**TABLA 9. Caudal necesario para 10000 truchas según la temperatura del agua**

Longitud de las truchas (cm)	Caudal mínimo necesario en litros/minuto para 10.000 truchas según la temperatura del agua (°C)					
	5	7	10	12	15	17
6	25	30	35	40	45	55
8	60	70	80	90	100	125
10	105	120	140	165	195	235
12	170	190	215	265	315	380
14	265	300	335	415	485	575
16	390	425	465	580	700	840
18	565	620	680	800	930	1140
20	780	865	950	1150	1340	1600
22	1030	1150	1280	1450	1680	2000
24	1320	1440	1575	1740	1970	2300
26	1675	1765	1900	2075	2300	2625

Fuente: Martín (1976)

Para efectos de cálculo se estima que por cada tonelada año que se espera producir se requieren entre 2 y 3 litros por segundo. Este valor es una aproximación de referencia cuya exactitud estará relacionada con la calidad del agua, niveles de oxígeno y del número de veces que se reutilice. Entre la salida de un tanque y el ingreso al siguiente la diferencia de altura debe tener un mínimo de unos 50 cm, entendiéndose que mientras más elevada sea esta se tendrá igualmente un mayor aporte de oxígeno.

En flujo de entrada debe ser calculado tomando como criterio básico el que la renovación total del agua en cada tanque se haga como mínimo una vez por hora; un mayor recambio (1.5 veces / hora o más) permitirá mantener cargas superiores.

Aguas con pH ligeramente ácido (alrededor de 6.5 a 7) pueden ser utilizadas sucesivamente hasta unas 6 veces.

Otro factor a tener en cuenta es la densidad o cantidad de peces por volumen que es posible mantener adecuadamente, dependiendo del tipo de estanque y tamaño de los peces, siempre y cuando la cantidad y calidad del agua sean óptimas (Tabla 1). En términos generales la cantidad de peces que se puede mantener se basa en el oxígeno presente, en el caudal de ingreso y en la tasa de renovación del agua.

Los estanques se deben limpiar periódicamente para evacuar los sedimentos, detritos, peces muertos y restos de alimento que se depositan en el fondo; de no hacerse periódicamente este proceso se estará propiciando un ambiente favorable para la aparición de enfermedades.

Es importante realizar análisis físico-químicos constantemente; la toma de datos de temperatura y oxígeno disuelto debe efectuarse diariamente y en lo posible dos veces (mañana y tarde), el pH mensualmente y otros parámetros como dureza, alcalinidad, se harán por lo menos dos veces al año, otros parámetros tales como amonio, nitritos, nitratos, etc. deberán monitoriarse con frecuencia debido a que el cultivo intensivo disminuye el nivel de oxígeno disuelto en el interior de la unidad de cultivo y simultáneamente se incrementa el amonio.

#### 4.1.4 Alimentación

En su estado natural la trucha es un pez carnívoro que consume crustáceos, moluscos, insectos y pequeños peces; osea que su dieta está compuesta principalmente por proteínas, grasas, carbohidratos, sales minerales y vitaminas. El alimento es capturado por medio de la vista, ayudado siempre por el olfato. La coloración de su carne está ligada a los carotenos que presentan los organismos que consume.

Actualmente la industria de alimentos concentrados produce piensos debidamente balanceados, para abastecer sus requerimientos nutricionales y de esta manera obtener un buen desarrollo y crecimiento. A manera de información el alimento debe presentar la siguiente composición básica:

Proteína	40 % - 50 %	Humedad	12 %
Grasa	7 % - 18 %	Fibra	3 %
Cenizas	10 %		

Al igual que durante la etapa de alevinaje, el alimento a suministrar diariamente está condicionado a la talla del pez y a la temperatura del agua. Las casas productoras proporcionan las tablas a utilizar.

Una vez determinada la cantidad de comida a suministrar diariamente se debe tener en cuenta que mientras más dosis se ofrezcan los resultados serán mejores. El número mínimo es el siguiente:

Tamaño de los peces (cm)	Número comidas diarias
2.5 - 5	8 - 10
5 - 10	4 - 6
10 - 15	3 - 4
15 en adelante	1 - 2

El alimento debe ser suministrado diariamente al voleo, a lo largo de todo el recinto, con lo que se asegura que la mayoría o la totalidad de los gránulos sean consumidos.

Existen autoalimentadores que presentan la ventaja de reducir la mano de obra que se dedica a esta actividad.

Con el fin de ajustar las tablas se deben efectuar mediciones y pesajes mensuales de los peces y llevar un registro para conocer el índice de conversión que ofrece el alimento utilizado. Con éste se determina la relación que existe entre la cantidad de alimento que se suministra y el incremento en el peso de los animales, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de conversión} = \frac{\text{Peso del alimento consumido}}{\text{Incremento de peso en las truchas}}$$

#### 4.1.5 Selección

La clasificación de los peces es un procedimiento de manejo que debe ser considerado como necesario y periódico, especialmente en aquellos sistemas de tipo intensivo. La selección genera homogeneidad de tallas en cada lote y además da mayor eficiencia en la utilización del alimento (Figs. 18 y 19)



FIGURA 18. Seleccionadores empleados en fase de alevinaje



FIGURA 19. Clasificador para alevinos que se ubica verticalmente en el canal. En este caso se aprovecha la tendencia de las truchas para nadar en contra del flujo, con lo que la selección se efectúa con una menor manipulación.

En aquellos lotes en los que las diferencias de tamaño son apreciables, por lo general los peces de mayor talla tienen mayor oportunidad de alimentarse apropiadamente, generándose diferencias de tamaño.

Sobre el número de veces que es necesario aplicar el procedimiento en un ciclo de cultivo existen opiniones diversas, desde la periodicidad mensual hasta las consideraciones de que la selección no es un proceso del todo indispensable. No obstante, la experiencia muestra la necesidad de entre tres y cinco clasificaciones dentro del ciclo de producción. Debe tenerse en cuenta que se trata de un manejo en el cual los peces se someten a unas fuertes condiciones de estrés, con posibilidades de pérdidas.

Por lo menos en alevinos se ha demostrado que una separación temprana permite que los individuos menores, llegan a manifestar tasas de desarrollo que igualan a las de los peces - del mismo lote - de mayor tamaño.

## 5. SACRIFICIO

La aceptación del pescado en el mercado depende en gran parte de los métodos utilizados en el sacrificio. Es conveniente evitar señales de golpes, pérdidas de escamas, deterioro en las aletas, etc. Entre más rápida y efectiva sea la muerte del pez menores traumatismos presentará.

Entre los métodos de sacrificio más comunes se encuentran la muerte por asfixia o el golpe en la base del cráneo. Aunque estos pueden ocasionar deterioros a nivel externo afectando la calidad del producto.

La aplicación de corriente eléctrica en el agua es uno de los métodos más efectivos que se utilizan en truchicultura de alta producción. Consiste en introducir dos electrodos dentro del estanque y generar una corriente de 0.8 amperios/m<sup>2</sup>, con lo que se obtiene la insensibilidad y muerte del animal.

Otro método eficiente es trasladar los peces a un pequeño estanque que contiene agua, sal y hielo y dejarlos hasta que la temperatura se reduzca a - 2° C.; así se provoca la insensibilización de la trucha y posteriormente se realiza el proceso de evisceración.

Una vez se encuentren insensibilizados los peces, se procede a un primer lavado, con lo que se retira el mucus; posteriormente se evisceran y se realiza un segundo lavado. Según las exigencias del mercado, el producto tendrá las siguientes presentaciones comerciales: deshuesado, entero, filete, y diferentes cortes como el mariposa y el kipper.

El proceso de sacrificio debe efectuarse en un lugar adecuado con las mejores condiciones sanitarias y donde se encuentren los elementos necesarios como mesas, lavaderos, balanzas, cuchillos, guantes y un sistema de refrigeración y/o congelación.

La sala de evisceración deberá ser construida alejada de los estanques y tener especial cuidado en la disposición final de los desechos líquidos y sólidos provenientes del proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMAYA, R. y E. Anzola. 1988. Generalidades sobre el cultivo de la Trucha. INDERENA. Bucaramanga. 61p.
- BIOTER S.A. 1972. Manual para el cultivo de Truchas. Ed. Servicios Técnicos Bioter S.A. España. 83p.
- BLANCO, M. 1976. Nuevos avances en la reproducción de la trucha, inseminación Artificial en: Tratado de Piscicultura. Gráficas Sánchez. Madrid. 243-249 p.
- BLANCO, M. 1976. La trucha. Cría industrial. Ediciones Mundi prensa. 1984 Madrid. 238 p.
- CECCARELLI, P. S. Desemvolvimiento embrionario dos peixes. CEPTA. Brasil. 18 p.
- CONROY, D. y C. VÁSQUEZ. 1975. Principales enfermedades infectocontagiosas de los salmonidos. INDERENA-FAO. Bogotá. 252 p.

- ERASO, A. 1990. Producción de semilla de trucha. Memorias. Primer curso teórico practico sobre truchicultura en el embalse del Neusa. CAR. Bogotá 8 p.
- ERASO, A. y M. SOLER. 1985. Cultivo experimental de la lombriz de tierra y su uso en la alimentación de la trucha arco iris *Salmo gairdnerii* Richardson 1836. Tesis de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá 48 p.
- FORERO, A. 1990. Evaluación de la Eficiencia de tres Fungicidas utilizados en la Profilaxis de Ovas de Trucha Arco Iris en la estación Piscícola del Neusa. Memorias. Primer curso Teórico practico sobre truchicultura en el embalse del Neusa. CAR. Bogotá 5 p.
- GARCIA-BADELL, J. J. 1985. Tecnología de las explotaciones Piscícolas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 325 p.
- GUIMARAES, S. M. y J. SENHORINI. 1986. Apostadilla sobre criação de larvas e alevinos. CEPTA. Pirassununga. Sao Paulo. 42 p.
- HUET, M. 1978. Tratado de piscicultura. 2º edición. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid. 745 p.
- LOPEZ, C. 1990. Origen, Descripción y distribución de la trucha Arco Iris. Memorias. Primer curso sobre truchicultura en el embalse del Neusa. CAR. 4 p.
- LOPEZ, I. 1975. Manual de truchicultura. Ministerio de Agricultura y Cría. Oficina de pesca. Caracas. 112 p.
- MARTIN, D. 1976. Instalación y Tecnología de la Producción de la trucha. En: Tratado de Piscicultura. Gráficas Sánchez. Madrid. 91-193 p.
- MARTINEZ, L. 1976. Cultivo de la trucha en los países Escandinavos. En: Tratado de Piscicultura. Gráficas Sánchez. Madrid. 251- 267.
- NEGRET, E. 1983. Estudio de Factibilidad Técnica. Ecológica y Socio - económica para la implantación de un programa de truchicultura a nivel artesanal-comercial e industrial en jaulas flotantes en el lago de Tota (Boyaca). CAR. 247 p.
- PHILLIPS, A. 1976. Alimentos y alimentación de la trucha. Ed. Centro Regional de Ayuda Técnica AID. México. 40 p.
- ROBERTS, R. y C. J. SHEPHERD. 1974. Enfermedades de la trucha y el salmón. Ed. Acribia. Zaragoza. 187 p.
- ROCHE, S.A. 1968. Pigmentación de la trucha. Noticias y Resúmenes. Roche S.A. Bogotá 2 p.
- ROSADO, R. 1988. La trucha Arco Iris- Manual Básico sobre su cultivo. Monografía. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 197 p.
- SERRATO, B. 1990. Diseño sala de evisceración Estación piscícola del Neusa. CAR. Bogotá. 24 p.
- VOLLMANN - SCHIPPER, F. 1978. Transporte de peces vivos. Ed. Acribia. Zaragoza. 90 p.
- ZARZUELO, E. 1981. Principales Enfermedades Infecciosas de los peces. Ed. Aedos. Barcelona. 175 p.