



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
EVALUACION DE ORIGINALIDAD



CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al **Trabajo Monográfico** cuyo título es:

INSTALACIÓN Y MONITOREO DE UN HATCHERY PARA LA PRODUCCIÓN DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*)

Presentado por:

TORRES SIGUAS, MONICA ELIZABETH

BACHILLER del nivel **PREGRADO** de la **ESCUELA DE INGENIERÍA PESQUERA**

Que. Se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos de la UNICA, El informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 10%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate.

Pisco, 27 de octubre de 2023

.....
JUAN MARINO ALVA FAJARDO
DIRECTOR (i) DE UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE
ALIMENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos



Instalación y monitoreo de un hatchery para la producción de trucha
arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

Línea de investigación

Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles

MONOGRAFÍA PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO POR LA
MODALIDAD DE EXÁMEN DE SUFICIENCIA ACADÉMICA

AUTOR

Bach. TORRES SIGUAS, MONICA ELIZABETH

Ica – Perú

2024

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios por protegerme y cuidarme. A mis padres por sus sabios consejos, por su constante apoyo en cada uno de mis pasos, por inculcarme valores y por hacer de mí una persona de éxito.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE	iii
INTRODUCCIÓN	1
Capítulo I. Trucha Arco Iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	2
1.1. Morfología.	2
1.2. Clasificación Taxonómica	4
1.3. Biología	5
1.3.1. Hábitat.	5
1.3.2. Reproducción.	6
1.3.3. Alimentación.	7
1.3.4. Fases de desarrollo de la trucha arco iris.	8
Capítulo II. Instalación de un Hatchery para la producción de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	11
2.1. Incubación de ovas de trucha arco iris.	11
2.1.1. Formación del embrión.	12
2.1.2. Eclosión de ovas.	12
2.1.3. Reabsorción del saco vitelino.	13
2.2. Instalaciones y equipos básicos para la incubación y reincubación de ovas.	14
2.2.1. Infraestructura hidráulica.	14
2.2.2. Infraestructura piscícola.	15
CAPÍTULO III. Monitoreo de un Hatchery para la producción de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	19
3.1. Extracción diaria de ovas muertas.	19
3.2. Monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del agua durante la incubación.	20
3.2.1. Manejo de ovas embrionadas y en eclosión.	20
3.2.2. Manejo en fase larvaria.	22
CONCLUSIONES IV	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS V	27
ANEXOS VI	31

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE TRUCHA NATURAL Y TRUCHA QUE PROVIENE DE IMPORTACIÓN	4
TABLA 2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA TRUCHA ARCO IRIS	4
TABLA 3. CAPACIDAD DE LAS BANDEJAS DE INCUBACIÓN (ECLOSORIO)	18
TABLA 4. ECLOSIÓN Y PRIMERA ALIMENTACIÓN EN TRUCHA ARCO IRIS A DISTINTAS TEMPERATURAS	23

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Coloración característica de la trucha arco iris	3
FIGURA 2. Ciclo de vida de la trucha arco iris	10
FIGURA 3. Artesa horizontal	17
FIGURA 4. Incubadora vertical	18
FIGURA 5. Extracción de ovas	19
FIGURA 6. Formulario de volúmen agregados a cada bastidor	31
FIGURA 7. Formulario de registro de temperatura	32
FIGURA 8. Registro de mortalidad de ovas embrionadas, larvas y alevinos	33

INTRODUCCIÓN

En el Perú la introducción de la trucha fue hace más de 90 años, como parte de las actividades dirigidas a mejorar la disponibilidad de alimento en poblaciones locales, así como mejores oportunidades para el desarrollo económico. Al transcurrir los años posterior a su introducción, la actividad Truchícola, ha presentado un gran crecimiento, principalmente en zonas andinas, adaptándose a lagos y ríos.

La actividad acuícola requiere principalmente de la importación de ovas o alevines, y el rendimiento de su producción depende del personal encargado del manejo del recurso y de la capacidad técnica e infraestructura empleada.

En nuestro país existen pequeños productores de ovas de trucha arco iris, pero sus precarias instalaciones, la ausencia de tecnología, el mal manejo de su consanguineidad, hacen que estas ovas no sean tan aceptadas por los piscicultores, prefiriendo importar ovas embrionadas para poder realizar sistema productivo.

El desarrollo de la actividad está directamente relacionado con las innovaciones tecnológicas, la selección de ovas de buena calidad, el diseño de una infraestructura con espacios y densidades relacionadas a los requerimientos del piscicultor, la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, debido a que las ovas son sensibles a excesivas cargas de sólidos en suspensión, ya que imposibilitan la respiración a través de la membrana que los recubre provocando la mortalidad de los huevos. Otro factor fundamental es la disciplina y el control constante de cada etapa del proceso que se lleva a cabo.

El presente trabajo monográfico tiene la finalidad de brindar información importante para la instalación y monitoreo de un Hatchery para la producción de post larvas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Capítulo I. Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), es una especie que pertenece al grupo de los salmónidos oriundos de América del Norte, y su nombre proviene de la particular coloración que presenta, la misma que puede cambiar de acuerdo al medio, tamaño, sexo, tipo de madurez sexual y alimentación. [1].

La trucha fue insertada en el Perú en el año 1928, desde los EE. UU., con una cantidad aproximada de 50 000 huevos, los cuales fueron instalados en un criadero a orillas del río Tishgo, en la Oroya, departamento de Junín, distribuyéndose a lo largo de los ríos y lagunas de Junín y Pasco. Para el año 1930 fueron trasladados 50 truchas de edad adulta a la Estación Piscícola El Ingenio, y 10 años después se transportaron desde esta estación 25 000 huevos de trucha a la Estación Piscícola Chucuito en Puno. De esta manera se ha venido poblando progresivamente lagunas y ríos de diversos departamentos del país [2].

Este capítulo tiene la finalidad de caracterizar a la especie en sus aspectos morfológicos y biológicos más importantes, lo que servirá como recurso para desarrollar el presente trabajo.

1.1. Morfología.

La trucha arco iris tiene un cuerpo alargado y de forma fusiforme, con un aproximado de 60 a 66 vertebras. Al igual que todos los salmónidos presenta una aleta adiposa con un borde negro generalmente y sus flancos se encuentran marcados a lo largo por una banda irisada rosácea. Por encima presenta un tono azul a verde, mientras que en el vientre su color es gris plateado o blanquecino, y unos puntos negros de forma estrellada por todo el cuerpo. [3]



Fig. 1. Coloración característica de la trucha arco iris.
Fuente: [1]

En los machos la banda irisada se volverá más brillante y la mandíbula inferior más pronunciada hacia arriba, mientras que las hembras tendrán el vientre abultado y la parte genital presentara una coloración rojiza. El color de la especie varía de acuerdo al hábitat, tamaño y condición sexual. Las especies que habitan en ríos y los reproductores tienen colores más oscuros e intensos a comparación de los que habitan en lagos, que su coloración es más plateada y brillante. Las truchas sedentarias pueden lograr un peso de 4.5 Kg. en 3 años, a diferencia de las que habitan en mar o lagos que pueden llegar a pesar de 7 a 10 Kg. en el mismo tiempo. Esta especie se desplaza lentamente para ahorrar energía, pero puede alcanzar una velocidad máxima de 5 m/s. Realizan movimientos en S gracias a la aleta caudal, favorecidos por los músculos de la cola, permitiéndoles avanzar o recular y pueden realizar saltos de hasta un metro. [3]

La trucha arco iris que habita en las zonas alto andinas presenta un cuerpo alargado y un color llamativo. También existe una importante variación en su color relacionada con la cercanía de la época de desove, presentando tonos más oscuros y pigmentados los especímenes maduros. La epidermis de la trucha tiene grandes glándulas que producen una gran cantidad de un moco viscoso haciendo difícil su manipulación. [4]

Según el estudio realizado por el MINAM [5], donde se hizo un muestreo biológico a las especies que habitan en las lagunas de Iniquilla, Machucocha y el río Colca, se pudo diferenciar las características de la trucha capturada frente a la trucha importada (Ver Tabla 1.).[5]

TABLA I.
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE TRUCHA NATURAL Y TRUCHA QUE PROVIENE DE IMPORTACIÓN.

Característica	Trucha de la zona alto andina	Trucha que proviene de importación
Sexo	Machos y hembras	Solo hembras
Forma del cuerpo	Alargado	Robusto con mayor altura
Coloración	Marrón amarillento	Brillante plateado o verdoso
Línea lateral	Más iridiscente	Menos iridiscente
Gónadas	Maduras o en proceso de maduración	Por lo general no desarrolladas

Fuente: MINAM. [5].

1.2. Clasificación taxonómica

De acuerdo con FAO [6], la trucha arco iris tiene la siguiente clasificación:

TABLA II.
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA TRUCHA ARCO IRIS.

Grupo	Nombre
Reino	Animal
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Clase	Actinopterygii
Orden	Salmoniformes
Familia	Salmonidae
Genero	Oncorhynchus
Especie	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Nombre científico	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)
Nombre común	Trucha arco iris

Fuente:[6].

1.3. Biología

1.3.1. Hábitat.

La trucha arco iris, es una especie que en su ambiente natural habita en espacios de aguas puras y cristalinas, con cauces que tienen marcados desniveles topográficos que causan rápidos, saltos y cascadas. Una de las características más frecuentes de esta especie es que se ubican en los ríos que fluyen desde montañas altas, de superficie pedregosa y que presentan una elevada rapidez logrando alcanzar altas velocidades en la corriente, que son las mejores condiciones para las truchas. [7]

Esta especie puede soportar temperaturas desde los 0 °C hasta los 27 °C, pero en la etapa de desove y crecimiento solo una variación de temperatura desde los 9 °C a 14 °C. La temperatura óptima del agua debe de estar por debajo de 21 °C. La disponibilidad de alimento y la temperatura influyen en el crecimiento y maduración de la especie, provocando una variación en la edad de madurez, que por lo general es de 3 a 4 años [6].

En el Perú, la trucha arco iris se distribuye en la mayoría de los ambientes de agua dulce de la sierra, adaptándose a los ríos, lagunas y lagos de las zonas alto andinas. La trucha arco iris se sitúa en gran parte de los cuerpos de agua localizados a más de 1 500 metros de altitud, ocupando mayormente las zonas pelágicas profundas. [8].

Su distribución se encuentra constantemente alterada debido a su gran movilidad, ya que migran de una zona a otra en función a la estación del año, estadio biológico, horas del día o tipo de alimento en épocas de reproducción.

1.3.2. Reproducción.

En la etapa de reproducción los ejemplares machos tienen un tamaño superior y están expuestos a sufrir de una condición llamada dimorfismo sexual. Los peces de esta especie presentan un ciclo de reproducción anual y la característica principal para iniciar la reproducción es que ambos deben ser maduros sexualmente. Los ejemplares machos alcanzan la madurez sexual a los 15 o 18 meses, a diferencia de las hembras que requieren dos años como mínimo. Es fundamental mencionar que la trucha al pasar por el proceso de maduración sexual, se enfrenta a significativos cambios en su morfología, produciendo un cambio físico que permite diferenciar a los peces machos de las hembras. En los ejemplares machos uno de los cambios que se detallan con mayor frecuencia, es en el maxilar inferior, el cual sufre un proceso de alargamiento, y de la misma manera una leve curvatura dorsal del cuerpo. El proceso reproductivo de la trucha arco iris es sexual externa, es decir que tanto las hembras como los machos son los encargados del depósito en el agua de sus espermatozoides y óvulos. En el río, las hembras colocan los óvulos en el fondo en un nicho o nido construidos por la misma, donde sucesivamente los machos depositan el esperma produciendo de esa manera la fecundación. El proceso que se realiza de forma natural, y en el cual se emiten los productos sexuales al exterior se denomina desove.

[7]

De acuerdo con Arregui [3], cada ejemplar macho produce un aproximado de 25 millones de espermatozoides. Las ejemplares hembras excavan un hoyo y depositan unos 2 000 óvulos por Kg. de peso, seguidamente el macho fecunda los óvulos, la hembra procede a tapar el hoyo y los abandona. Los huevos presentan un tamaño de 3 a 6 mm. de diámetro y eclosionan después de un mes aproximadamente.

[3]

1.3.3. Alimentación.

La trucha arco iris se alimenta mayormente de insectos terrestres que caen de la corriente. Inclusive se alimenta de plancton, crustáceos, caracoles, peces pequeños y huevos de peces. Al iniciar la etapa juvenil o de adulto complementan su alimentación con crustáceos, moluscos, entre otros. [9]

La alimentación de las truchas que son criadas en sistemas de cultivo intensivo depende completamente de alimentos balanceados con elevados niveles de proteína. Huamaní y Mantilla [9], señalan que cada una de las etapas presentes durante la crianza de truchas presenta una diversificación en su alimentación. Un ejemplo es la alimentación que requieren los alevines según FAO debería ser raciones pequeñas, de únicamente concentrado en polvo o granulado fino. En esta etapa la especie debe de ser alimentada cada hora durante un tiempo de 8 horas hasta que los alevines midan 5 cm. [9]

FONDEPES [10], señala que en la actualidad existen alimentos concentrados exactamente balanceados para complementar los requerimientos nutricionales de la trucha, y de esta manera, poder lograr un óptimo desarrollo crecimiento. [10]

Existen 4 componentes esenciales en la alimentación de la trucha, los cuales tienen que estar presentes en el alimento, y son:

- **Proteína.** Las proteínas son importantes para la formación de los diversos órganos del cuerpo y para la trucha esta proteína debe de ser principalmente de origen animal. [6]
- **Carbohidratos.** Estos componentes son empleados como fuente de energía. Las fuentes de carbohidratos más empleados son los provenientes de los cereales como el trigo, maíz, cebada y soya. La trucha puede usar pocas cantidades de carbohidratos digeribles, pero no se debe suministrar en porcentajes superiores del 9 %, ni que la ración diaria supere los 4.5 g. por Kg. de peso vivo. [11]
- **Vitaminas.** Las vitaminas son indispensables para un óptimo desarrollo de la trucha y prevenir que estas se enfermen. [11].
- **Minerales.** El requerimiento de minerales es limitado y son absorbidos del agua y del alimento. [6]

1.3.4. Fases de desarrollo de la trucha arco iris.

La formación de la trucha arco iris está compuesta por 4 fases de desarrollo, las cuales se ven influenciadas por los parámetros físico químicos que son el factor clave para acelerar o retardar su desarrollo.

- **Ovas.** Una vez fertilizados los huevos, estos son incubados en el nido que fabricado la hembra. La temperatura del agua es un factor importante que influye en la velocidad del desarrollo de los huevos. La temperatura optima oscila entre 8 y 12 °C. A una temperatura de 10°C la eclosión del alevín se dará a los 31 días, y a una temperatura de 15.6 °C la eclosión se dará solo a los 19 días. [12].
- **Alevines.** Finalizada la etapa del desarrollo del embrión, el alevín eclosiona y se alimenta de las provisiones nutricionales presentes en el saco vitelino durante dos o cuatro semanas, dependiendo de la temperatura. Cuando estas reservas se agotan y el saco vitelino es absorbido, el alevín asciende a la superficie. Esta fase dura alrededor de 14 a 20 días. [12].
- **Juveniles.** Son peces formados totalmente, entre 10 a 5 cm., con un peso de 20 a 100 g. aproximadamente. Esta es la etapa de mayor crecimiento de biomasa y dura alrededor de 3 a 5 meses según las condiciones ambientales, en esta etapa se comienzan a manifestar componentes del desarrollo sexual en los ejemplares machos y aparecen totalmente caracteres de adultos como la coloración de la piel. [13].

De acuerdo con Kuramoto [14], en esta etapa se monitorea el desarrollo de los ejemplares para poder realizar su clasificación con relación a su tamaño en un estado óptimo, evitando la aparición de un pez enfermo que pueda provocar una epidemia. Por consiguiente, una de las principales actividades es la limpieza del estanque eliminando de esta manera los desechos biológicos de las truchas.[14]

- **Adultos.** De acuerdo con las condiciones físicas del hábitat, gran parte de las truchas de una determinada población maduran entre 15 y 18 meses de edad, mientras que la mayoría alcanza la etapa de madurez después de 2 meses. Cuando ocurre la maduración, los peces cambian su color, presentando las características propias de una trucha adulta. [12]

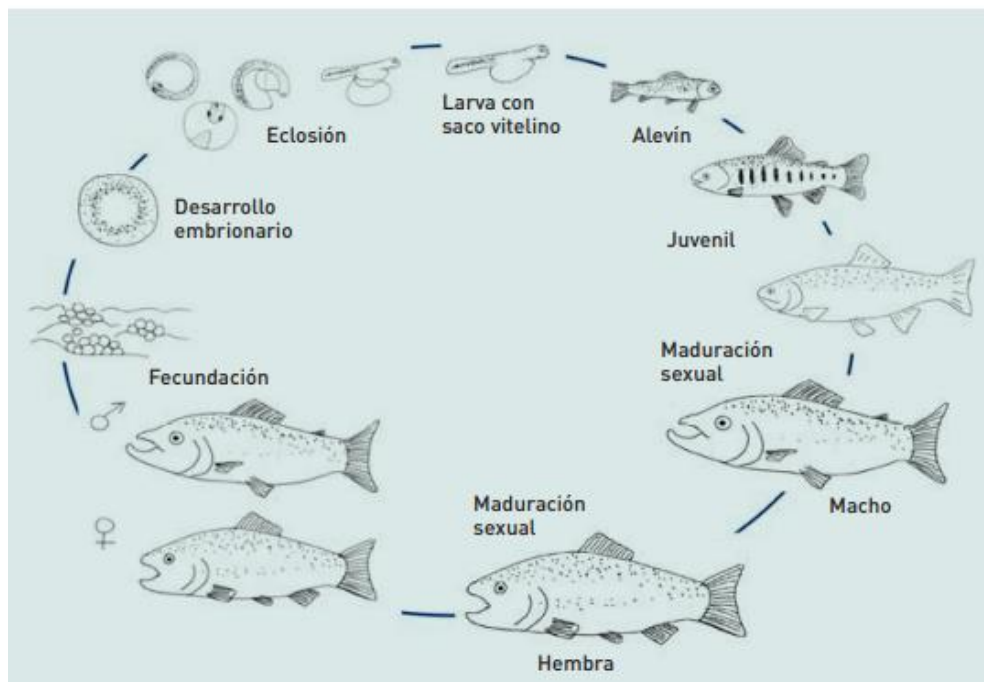


Fig. 2. Ciclo de vida de la trucha arco iris.
Fuente: [3].

Capítulo II. Instalación de un Hatchery para la producción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

La técnica más común es el monocultivo intensivo. El ciclo productivo se puede realizar en instalaciones artificiales, pero con una adecuada localización que tenga suministro de agua constante y de buena calidad durante todas las épocas del año.

Mayormente las instalaciones captan agua de río, aunque es una fuente de agua muy variable en comparación con el mar o manantial. En las instalaciones de incubación se emplea agua de manantial ya que es una fuente más segura pero escasa y no soporta diferencias de temperatura como el agua artificial. [3].

En el Perú, existen pequeños productores de ovas de trucha arco iris, a los cuales se les denomina como ovas nacionales, pero la deficiencia en sus instalaciones, la ausencia de tecnología, y el mal manejo de su consanguineidad, generan que estas ovas no tengan aceptación por los piscicultores, por ello prefieren trabajar con ovas embrionadas de otros países para la producción de alevines.

2.1. Incubación de ovas de trucha arco iris.

La etapa de incubación comprende desde la fecundación de la ova hasta el nacimiento del alevín. Este periodo tiene una duración de 34 días aproximadamente dependiendo de la temperatura del agua. Este proceso es delicado y necesita de mucho cuidado pues requiere que el agua sea de buena calidad y circule de manera constante. Generalmente se emplean filtros con la finalidad de retener sólidos suspendidos y la temperatura óptima varía entre los 9 °C y los 13 °C. Después de 17 días se puede observar la aparición de los ojos y la formación de la columna vertebral, entonces recibe el nombre de "ova embrionaria". En esta fase la ova es más fuerte se puede manipular con mayor facilidad, haciendo posible su transporte. [15]

Carhuaricra [16], señala que la duración de la fase de incubación de los huevos varia en relación a la temperatura del agua y puede estar mayormente entre 20 y 35 días, después de ese tiempo eclosionan y originan las larvas, estas larvas están provistas de unas bolsas abdominales llamadas saco vitelino, del cual se alimentan hasta tener la capacidad de poder obtener su propio alimento.[16]

El proceso de incubación de las ovas tiene 3 fases: formación del embrión, eclosión de ovas y reabsorción del saco vitelino. [3]

2.1.1. Formación del embrión.

Posterior a la fecundación las ovas pueden manipularse durante unos 5 días, después de este tiempo serán muy sensibles hasta la formación de la ova embrionada. Los huevos recién formados reciben el nombre de “huevos verdes”, hasta que se formen los ojos del embrión y sean visibles a través de la cáscara, estos se llaman huevos embrionados (con ojo). [3].

Maíz *et al.* [17], señalan que la etapa de ova verde tiene una duración de 180 a 220 °C/día. Después de los 8 días de incubación se debe de realizar un proceso de limpieza de manera regular, este proceso consiste en eliminar las ovas muertas, las ovas dañadas por hongos y una limpieza del sedimento acumulado.[17]

Desde la fase de fecundación hasta la aparición de los ojos del embrión, los huevos deben permanecer en las incubadoras en reposo absoluto, sin ningún tipo de movilidad ni manipulación, hasta que a simple vista se puedan observar dos pequeños puntos móviles. [18].

2.1.2. Eclosión de ovas.

Generalmente el 95 % de las ovas eclosionan con una provisión de alimento en un saco vitelino el cual le sirve de alimento por aproximado de 2 a 4 semanas, y

reciben el nombre de larvas con saco o alevines. La eclosión del lote de ovas toma de 2 a 3 días comúnmente, durante este tiempo todas las cascaras de huevo son extraídos generalmente, al igual que las larvas muertas o deformes. Los huevos incubados que se encuentran separados en bandejas son trasladados a bateas de crianza posterior a su eclosión [19].

A los 34 días el embrión comienza a pigmentarse desde la cabeza los primeros días hasta la región caudal, el desarrollo de los arcos branquiales es más notorio y se da la formación de las aletas. La eclosión se produce a los 40 días. [20].

Márquez [18], señala que durante la 3era fase (desde la eclosión hasta la reabsorción de la vesícula) el alevín presenta diferentes cambios. Inicialmente obstaculizado por el saco vitelino, se tiende sobre el fondo. Al eclosionar el alevín mide 15 mm., y al terminar la reabsorción del saco vitelino alrededor de 20 mm. En el momento en el que ha reabsorbido $\frac{3}{4}$ del saco, debe iniciar con su alimentación artificial.[18]

2.1.3. Reabsorción del saco vitelino.

Sihuacollo [21], señala que la larva de la trucha aún no se parece a un pez adulto morfológicamente, y se caracteriza por presentar un saco vitelino en forma de bolsa en el vientre, el cual constituye su única fuente de energía y alimentación durante sus primeros días de vida, ya que su aparato digestivo no presenta las condiciones necesarias para poder asimilar alimento exógeno. [21]

Los alevines después de su nacimiento tienen un peso aproximado de 0.09 g. y una longitud de 14 mm., y su saco vitelino tiene una especie de yema con un elevado valor nutricional el cual es reabsorbido en 18 días. El saco vitelino es voluminoso y tiene una densidad mayor a la del agua, por lo que los alevines permanecen

acostados sobre un lateral. Se tienen que seguir extrayendo las bajas, pero se debe de realizar con demasiado cuidado, ya que la membrana que protege el saco es muy delicada, y un manejo inapropiado podría generar bastantes pérdidas. [3].

De acuerdo con Maíz *et al.*, [17], a medida que el saco vitelino se reduce por reabsorción, lo cual ocurre en aproximadamente de 10 a 15 días a una temperatura de 11 °C o 12 °C, o de 18 a 20 días con una temperatura de 9 °C o 10 °C, los movimientos van progresando hasta normalizarse completamente. En este momento la larva da origen al alevín y se debe dar inicio a la alimentación artificial.[17]

2.2. Instalaciones y equipos básicos para la incubación y reincubación de ovas.

2.2.1. Infraestructura hidráulica.

FONDEPES [10], señala que las unidades productivas convencionales, según el nivel de producción a alcanzar, pueden emplear los siguientes componentes, los cuales en su diseño y fabricación consideraran el caudal de agua a utilizar:

a. Bocatoma. También llamada “sistema de captación de agua” o “toma de agua”. Este diseño tiene la finalidad de captar agua del curso normal del río.

b. Canales.

- Canal Principal. Este está construido después de la bocatoma, con el fin de dirigir el agua requerida por las instalaciones piscícolas (estanques) y complementarias.
- Canal de Derivación. Esta estructura está construida con el objetivo de aligerar el exceso de agua que ingresa por la toma agua.

- Canal Secundario o de Distribución. Estos canales son aquellos que, desde el canal principal distribuyen el agua a cada batería de estanques mediante conductos laterales para cada estanque.
 - Canales de Desagüe. Reúne el agua de la salida de los estanques para dirigirlos de regreso al río, o a otros estanques como agua de segundo uso.
- c. **Desarenador.** Es también conocido como “pre filtro”, se sitúa mayormente en el transcurso del canal principal. Está fabricado con el objetivo de minimizar la velocidad del agua, lo que va a permitir sedimentar las partículas que se encuentran en suspensión.
- d. **Filtro.** Esta infraestructura está construida para suministrar agua libre de partículas, permitiendo una buena productividad y respiración de los peces. Se emplea mayormente en las etapas iniciales del cultivo. [10]

2.2.2. Infraestructura piscícola.

La sala de incubación, es la estructura principal dentro del centro de producción de alevines de trucha. Esta infraestructura está diseñada para el desarrollo de los especímenes, desde la primera etapa que es el desove hasta el nacimiento del primer alevinaje. Este tipo de infraestructuras, requiere de ciertas características físico químicas del agua con relación a la temperatura para funcionar de manera óptima, de preferencia que la temperatura varíe de 8°C a 10°C, que presente altos niveles de oxígeno, flujos constantes y cristalinas durante todo el año. Dentro de los equipos más importantes en una sala de incubación podemos mencionar a las artesas, que

son necesarias para contener los bastidores con ovas embrionadas hasta la fase de eclosión para posteriormente contener a las larvas. [10]

2.2.2.1. Sala de incubación o eclojería.

La infraestructura de la sala de incubación puede estar construida de materiales como el concreto o materiales que se encuentran en la zona. El espesor y las características del techo y los muros deben de ser apropiados para proteger el área de las posibles variaciones de temperatura que se produzcan en el ambiente. Las ventanas de preferencia se deben de ubicar al frente en la fachada norte para que la luz solar no incida directamente en el interior, y el suelo debe de estar revestido con cemento y tener una pendiente del 1 % lo que va a facilitar la evacuación del agua. Las salas de incubación deben estar equipadas con incubadoras en donde se va a desarrollar la última etapa embrionaria de la trucha y el primer alevinaje. [10]

Existen 2 tipos de incubadoras que se emplean mayormente para esta operación, ambas realizan el mismo principio, que es permitir la circulación de agua de manera óptima hacia las ovas. De acuerdo a la circulación del agua se señalan 2 tipos: de flujo horizontal o sistema de artesas y de flujo vertical o sistema de bandejas.

a. Incubadoras de flujo horizontal.

Las incubadoras de flujo horizontal son básicamente canales en donde van instalados bastidores que van a contener las ovas. Los bastidores son colocados de forma superficial de tal manera que una película de agua los bañe constantemente. El ingreso del agua se da por uno de los extremos fluyendo a lo largo del canal y siendo evacuado por el lado opuesto. [22]

FONDEPES [10], señala que las artesas pueden ser fabricadas de materiales como madera, cemento, aluminio, fibra de vidrio y plastificados, la ventaja de este sistema radica en la facilidad de su manejo y su reducido

costo. Sus dimensiones pueden encontrarse dentro de los siguientes rangos:

- Longitud: 3 – 5 m.
- Ancho máximo: 0.6 m. para artesas gemelas y 0.8 m. para artesas individuales.
- Profundidad: 0.25 – 0.35 m.



Fig. 3. Artesa horizontal.

Fuente: [23].

b. Incubadoras de flujo vertical.

Las incubadoras verticales constan de un soporte de aluminio que tiene de 4 a 8 bandejas superpuestas. En este sistema el agua ingresa por la parte superior pasando de esta manera de bandeja a bandeja. Este tipo de incubadoras tiene la ventaja de ocupar menos espacio, menos flujo de agua y de poder incubar una mayor cantidad de huevos. [22].



Fig. 4. Incubadora vertical.
Fuente: [24]

En la siguiente tabla se muestra la capacidad de las bandejas de incubación de acuerdo a sus dimensiones:

TABLA III.
CAPACIDAD DE LAS BANDEJAS DE INCUBACIÓN (ECLOSORIO).

Superficie de la bandeja	Número de huevos en una sola capa según diámetros			
	3 mm.	4 mm.	5 mm.	6 mm.
50 cm. * 40 cm.	22 222	12 500	8 000	5 555
50 cm. * 50 cm.	27 777	15 625	10 000	6 944
60 cm. * 40 cm.	26 666	15 000	9 600	6 666
70 cm. * 40 cm.	31 111	17 500	11 200	7 777
70 cm. * 50 cm.	38 888	21 875	14 000	9 722
80 cm. * 40 cm.	35 555	20 000	12 800	8 888
80 cm. * 50 cm.	44 444	25 000	16 000	11 111

Fuente: Incagro e inversiones Santa Inés S.A.C, citado por Montesinos, N. [24]

CAPÍTULO III. Monitoreo de un Hatchery para la producción de post larvas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

Durante el proceso de incubación de las ovas de trucha se debe de realizar una óptima limpieza y desinfección de la sala de incubación como también de cada uno de los materiales y equipos que intervienen en el proceso, también se debe mantener un adecuado control de los parámetros de cada una de las etapas.

3.1. Extracción diaria de ovas muertas.

Durante la etapa de incubación, se debe de realizar diariamente la extracción de ovas muertas, el no hacerlo provocaría la proliferación de hongos y bacterias, y contaminaría el resto de las ovas del bastidor, causando la mortalidad total de las ovas.

La extracción se realiza con mucho cuidado con la ayuda de una bombilla de jebe conectada a un tubo de plástico o vidrio. Se succionan las ovas muertas uno a uno del bastidor evitando dañar o mover bruscamente y registra el número de ovas extraídas por cada bastidor (ovas muertas son de color blanco). [22].

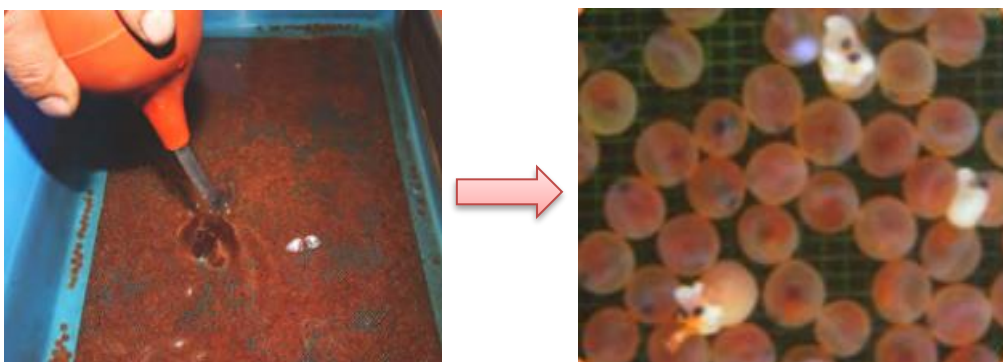


Fig. 5. Extracción de ovas.
Fuente: [23].

3.2. Monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del agua durante la incubación.

En las salas de incubación, es importante tener en cuenta que el caudal de agua que ingresara a las artesas debe ser clara, limpia y de flujo constante. La presencia de agua turbia provocaría la muerte de las ovas por asfixia, debido a que su membrana exterior (corion) es mucosa y el limo y arcilla se le adhiere con facilidad, provocando la muerte. Se debe de mantener estable o constante durante todo el tiempo la temperatura del agua, por ello es necesario llevar un control diario con el objetivo de evaluar el tiempo de eclosión. [25]

3.2.1. Manejo de ovas embrionadas y en eclosión.

La duración de la incubación no está directamente determinada por el número de días, sino por la sumatoria de la temperatura del agua, Unidad Térmica Acumulada (UTA). Un huevo de trucha necesita de 400 – 460 UTAs, y las ovas embrionadas en Reincubación desde su llegada tardan en eclosionar entre 50 – 100 UTAs, si la temperatura del agua del sistema productivo se encuentra en 10 °C.

Los cambios bruscos de temperatura suelen ser mortales para las ovas y son muy susceptibles a los choques mecánicos en sus primeros estadios hasta la fase de ojo.

El mantenimiento y control de la incubación de las ovas se da en sus 3 sub etapas:

a. Pre eclosión. Esta etapa comprende desde la incubación hasta el inicio de la eclosión y los parámetros que se deben controlar diariamente son:

- Temperatura = 6 – 8 °C
- pH = 6.7 – 7.2
- O₂ = 80 – 100 %. No superar 103 %.

- $\text{CO}_2 = < 10 \text{ mg./L.}$

El problema principal en esta etapa radica en la mortalidad. Manteniendo controlados los parámetros químicos, la mayor causa de problemas se origina por las variaciones de temperatura.

b. *Eclosión.* Desde el inicio hasta el 100 % de la eclosión. Los parámetros a controlar son los siguientes:

- Temperatura = 6 – 8 °C
- pH = 6.7 – 7.2
- $\text{O}_2 = 8 \text{ mg./L.}$
- $\text{CO}_2 = < 10 \text{ mg./L.}$
- Flujo = 8 – 10 L./min.

Se debe de remover constantemente los restos de corion y ovas muertas, que son sustrato para la proliferación de microorganismos. Se debe evitar tocar o remover bruscamente las ovas con saco vitelino.

c. *Absorción de saco vitelino (Etapa larvaria).* Después de la eclosión hasta el inicio de la alimentación. El alevín se mantiene en el fondo y no requiere alimentación externa.

- Temperatura = 10 – 12 °C
- pH = 6.7 – 7.2
- $\text{O}_2 = 8 \text{ mg./L.}$
- Flujo = 8 – 10 L./min.

Durante esta etapa los problemas principales que se pueden ocasionar son: alargamiento de saco vitelino con o sin estrangulación, ruptura de saco, infecciones y muerte. Las causas son:

- Físicas: Flujo, densidad y/o temperatura elevada.

- Químicas: Sobresaturación de gases, aumento de algunos metales.
- Biológicas: Infecciones producida por hongos, bacterias o parásitos.

3.2.2. Manejo en fase larvaria.

En esta etapa el alevín mide aproximadamente 18 mm., y presenta una vesícula vitelina la que tiene las reservas alimenticias para esta primera etapa. El cuerpo del alevín es casi transparente y se puede distinguir su corazón latiendo y también sus vasos sanguíneos. Esta fase puede durar de 15 a 30 días, dependiendo de los valores de la temperatura del agua del cultivo, o 300 UTAs si la temperatura promedio del agua de la unidad productiva es 10 °C. Ver la siguiente tabla:

TABLA IV
 ECLOSIÓN Y PRIMERA ALIMENTACIÓN EN TRUCHA ARCO IRIS A
 DISTINTAS TEMPERATURAS.

Temperatura (°C)	Estado de desarrollo			
	Eclosión		Inicio de alimentación	
	Días	UTAs	Días	UTAs
5.0	70.7	353.4	127.6	637.8
5.5	65.1	357.8	118.1	649.4
6.0	59.9	359.7	109.5	656.9
6.5	55.3	359.3	101.7	661.2
7.0	51.0	357.3	94.7	662.8
7.5	47.2	354.0	88.3	662.0
8.0	43.7	349.6	82.4	659.4
8.5	40.5	344.7	77.1	655.2
9.0	37.7	339.4	72.2	649.8
9.5	35.2	334.0	67.7	643.3
10.0	32.9	328.6	63.6	635.9
10.5	30.8	323.7	59.8	627.9
11.0	29.0	319.1	56.3	619.3
11.5	27.4	315.3	53.1	610.3
12.0	26.0	312.1	50.1	601.0
12.5	24.8	309.8	47.3	591.4
13.0	23.7	308.4	44.7	581.7
13.5	22.0	307.8	42.4	571.9

Fuente: [16]

En esta etapa ya se encuentran en condiciones de poder nadar libremente. Es aconsejable proporcionar alimentos cuando la larva haya absorbido el 50 % de su saco vitelino, con la finalidad de que la larva se vaya familiarizando con el alimento y no presente problemas cuando tenga que ingerirlo. Para este proceso se utilizará alimento balanceado en polvillo. El que se esparcirá lentamente sobre la artesa, con una frecuencia de 10 a 12 veces al día. [10].

El alevín inicia su alimentación antes de que sus reservas del saco vitelino se hayan terminado. La alimentación se debe realizar cuando suben nadando aproximadamente del 10 al 25 % de los alevines. Si la alimentación se inicia demasiado pronto puede provocar infecciones del saco vitelino y si se inicia tarde vivirá de sus reservas del saco vitelino y de su grasa corporal, situación que puede ser irreversible.

a. *Parámetros ambientales para la primera alimentación.*

- Temperatura = 10 – 14 °C
- pH = 6.7 – 7.2
- O₂ = 80 – 100 %. No superar 105 %.
- CO₂ = < 10 mg./L.

b. *Puntos críticos.*

- Implantar un sistema de alimentación que permita a los peces crecer al máximo sin perjudicar el ambiente.
- Inspección diaria con retiro de mortalidad oportuno.

c. *Consideraciones.*

- Unidad térmica acumulada.
 1. Incubación normal.
Alrededor de 610-620 UTA
 2. Incubación de frío.
Alrededor de 500-600 UTA
- Actividad de los peces.

Alimentar con un nivel de levante de alrededor del 85 – 90 % de la población.

1. Inicio temprano.

Menor crecimiento y mayor mortalidad. El alevín con saco vitelino muere.

2. Inicio tardío.

Alto porcentaje de peces con desnutrición y poca capacidad de mejorar. Son especies débiles que pierden agresividad.

IV. CONCLUSIONES

La instalación del Hatchery se debe realizar en un lugar estratégico donde se pueda tener acceso a una fuente de agua que cumpla con las características necesarias para el correcto manejo del sistema.

Es indispensable que la infraestructura hidráulica presentar un desarenador y un filtro que eviten la excesiva carga de solidos suspendidos.

La sala de incubación debe de ser diseñada en relación a la cantidad de ovas que se manejaran, también debe de ser un ambiente aséptico y con poca iluminación.

Se debe de realizar un monitoreo y control constante de los parámetros establecidos para lograr que las ovas tengan características óptimas que garanticen la rentabilidad del negocio.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- [1] Aquino, *et al.* (2008). *Manual básico para el cultivo de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)* Santa Cruz, México.
- [2] Rodríguez E., (2009) *Manual de truchas, ANTAMINA. Centro de Estudios para el Desarrollo y la Participación. Ragash – Perú.* Recuperado de: <https://vdocuments.mx/manual-truchas-antamina.html>
- [3] Arregui, L. (2013). *El cultivo de la trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)*. Fundación Observatorio Español de Acuicultura, Madrid. Recuperado de: https://www.observatorioacuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/cuaderno_trucha_digital_web.pdf
- [4] MINAM. (2015). *Informe técnico final de servicio de exploración de la distribución de la trucha naturalizada en zonas priorizadas de Junín y Huánuco.* Recuperado de: <http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Trucha1-Exploracion-de-la-distribucion-de-la-trucha-naturalizada-en-zonas-priorizadas-de-Junin-y-Huanuco.pdf>
- [5] MINAM. (2016). *Informe técnico final de servicio de consultoría para la prospección, distribución y análisis socioeconómico de la trucha en las regiones de Arequipa, Puno, Tacna y Moquegua.* Recuperado de: <http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Trucha2-Prospeccion-distribucion-y-analisis-socioeconomico-de-la-trucha-en-lasregiones-de-Arequipa-Puno-Tacna-Moquegua.pdf>
- [6] FAO (2014). *Manual Práctico para el Cultivo de la Trucha arcoíris.* p.19.
- [7] Uribe, J. D. (2016). *Centro Turístico y Recreativo.*
- [8] Cossios, E. (2010). *Vertebrados naturalizados en el Perú: historia y estado del conocimiento.* Revista Peruana de Biología. 17(2): 179 -189.

- [9] Huamaní & Mantilla. (2017). *Importación de Ovas de Trucha Arco iris y la Sostenibilidad del Centro Piscícola el Ingenio del Distrito de Ingenio – Junín* [Tesis pregrado, Universidad San Martín de Porras]. Perú.
- [10] FONDEPES (2014). *Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales*. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero.
- [11] Orna, R. (2010). *Manual de Alimento Balanceado para Truchas, Puno, Perú*.
- [12] Rojas, H. y Rivera, O. (2015). *Sistema remoto de alarma temprana para prevenir la reducción de oxígeno disuelto en agua de piscigranja con truchas en el distrito de Huando*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Huancavelica].
- [13] Ragash. (2009). *Manual de Crianza de la Trucha Arcoíris, Perú*, p. 7.
- [14] Kuramoto, J. (2008). Integración de los pequeños productores de trucha con los mercados externos. Recuperado en [http://www.old.cies.org.pe/files/documents/investigaciones/empresa-yfinanzas/integración-de-los-Pequeños-Productores-De-Trucha-En-Losmercados-Externos%20\(2\).pdf](http://www.old.cies.org.pe/files/documents/investigaciones/empresa-yfinanzas/integración-de-los-Pequeños-Productores-De-Trucha-En-Losmercados-Externos%20(2).pdf)
- [15] Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA). (2019). *Producción y manejo de alevines de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss), en el centro Truchicola ojo de agua de dota por Álvaro Otárola*. Recuperado de: <http://www.ovapiscis.com/esp/instalaciones.asp?secc=e&instalaciones=fonte>.
- [16] Carhuaricra, G. (2018). *Evaluación de índices de eficiencia productiva de ovas nacionales versus ovas importadas en la producción de alevines de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss), en la piscicultura monte azul, Ninacaca – Pasco*. [Tesis de Grado. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].
- [17] Maíz, A., et al. (2010). *Mundo Pecuário. Elementos Prácticos para la Cría de Truchas en Venezuela*.

- [18] Márquez, M. (2016). *Proyecto de piscifactoría de trucha arcoíris con depuración de aguas por filtro verde, en biescas (Huesca)*. [Tesis de Grado. Escuela Politécnica Superior de Huesca].
- [19] FAO. (2009). *Oncorhynchus mykiss*. In *Cultured Aquatic Species Fact Sheets*. Text by Cowx, I. G. Edited and Compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (Multilingual).
- [20] Muñoz, D., et al. (2008). *Inducción de triploidia mediante la estandarización del choque térmico en trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en el Ceniac - Papallacta*. I Congreso Nacional de Acuicultura en Aguas Continentales. ESPE, 2008.
- [21] Sihuacollo, J. (2016). *Diseño de un sistema de detección y conteo mediante el procesamiento digital de imágenes para ovas de trucha en el Centro de Investigación y Producción (CIP) Chucuito Una - Puno*. [Tesis de Grado. Universidad Nacional del Altiplano].
- [22] Rosado, R. & Erazo, A. (2014). *Aspectos básicos para el cultivo de la trucha arco iris*. Recuperado de: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19714/65034_27478.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [23] IMARPE (2015). *Guía para la incubación y alevinaje de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)*. Recuperado de: <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3009>
- [24] Montesinos, N. (2014). *Manual de manejo de ovas embrionadas y obtención de alevinos de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) con enfoque de buenas prácticas acuícola*. Recuperado de: https://issuu.com/coordinadorarural/docs/manual_de_ovas_y_alevinos_de_trucha

- [25] Sánchez, O. (2019). *Índice de eficiencia de eclosión de ovas nacionales e importadas, para la producción de alevinos de *Oncorhynchus mykiss* (Kendal, 1998) “trucha arco iris”, los molinos de Sanguli – Ayabaca – Piura – Perú – 2019*. [Tesis de Grado. Universidad Nacional de Piura].

VI. ANEXOS

 IMARPE <small>INSTITUTO NACIONAL DE MANEJO DEL PISCICULTIVO</small>	Volúmenes agregados a cada bastidor	Formato N°1 2015-02-02 Página 1 de 1								
Nombre de la comunidad:		Fecha:								
Ubicación del módulo:										
	Artesa									
	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8	N°9	N°10
Bastidores	m L	m L	m L	m L	m L	m L	m L	m L	m L	m L
1										
2										
3										
4										
5										
VOLUMEN TOTAL/ARTESA										

Lista de empaque ovas embrionadas de trucha					
N°Caja	Cantidad total de ovas	N° ovas regla Vom Bayer	N° de bandejas	Litros total	N° de Ovas/ Litro

Verificación Lista de empaque ovas embrionadas de trucha					
N°Caja	N° de artesas	N° ovas regla Vom Bayer	Litros total	N° de Ovas/ Litro	Cantidad total de ovas

FIGURA 6. Formulario de volúmen agregados a cada bastidor.


 IMARPE <small>INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ</small>		Registro de temperatura		Formato N°2 2015-02-02 Página 1 de 1	
Nombre de la comunidad:				Fecha:	
Ubicación del módulo:				Responsable	
Fecha	08:00	12:00	16:00		
Promedio					

FIGURA 7. Formulario de registro de temperatura.

 IMARPE <small>INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ</small>		Registro de Mortalidad de ovas embrionadas, larvas y alevinos										Formato N°3 2015-02-02 Página 1 de 1		
Nombre de la comunidad:												Fecha:		
Ubicación del módulo:												Tipo de alimento:		
Día	Fecha	Artesa										Mortalidad (Marque con una X)		
		N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8	N°9	N°10	Ovas	Larvas	Alevinos
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
Total de muertos														

FIGURA 8. Registro de mortalidad de ovas embrionadas, larvas y alevinos.