

PROCESO ACUÍCOLA PARA LA PRODUCCIÓN DE HUEVOS DE SALMÓN

Campo

5 La invención se refiere a métodos de producción de huevos a partir de peces maduros. En particular, la invención se refiere a un proceso para la producción de óvulos de salmón del Atlántico (*Salmo salar*).

10 Introducción

El salmón del Atlántico (*Salmo salar*) es una especie piscícola de la familia de los salmónidos. La especie se encuentra en el norte del Océano Atlántico, en ríos que desembocan en el
15 Atlántico norte y en el Océano Pacífico norte, como resultado de la introducción por el humano.

El ciclo vital natural del salmón pasa a través de una serie de fases. Los salmones nacen inicialmente en nidos de grava en
20 el fondo de una corriente de agua dulce o río, en forma de pequeños huevos translúcidos. Los huevos, también conocidos como hueva, usualmente son de color rosa o rojo y más o menos esféricos. Los huevos se desarrollan durante un período de 2 a 3 meses en su hábitat natural. Durante este período, los ojos
25 y otros órganos comienzan a desarrollarse y se vuelven visibles.

La eclosión es el proceso por el cual la progenie del salmón se libera de su huevo, pero conserva la yema como fuente de
30 nutrientes. En este punto, los salmones se denominan alevines con saco vitelino o larvas, y son de aproximadamente 2 a 3 cm

de largo. Los alevines con saco vitelino o larvas permanecen ocultos en la grava y se alimentan de la yema del huevo hasta que se absorbe.

5 El salmón deja su nido como un pequeño alevín y comienza a nadar para alimentarse por sí mismo. En este punto también comienzan a migrar río abajo. Con el tiempo, después de varios meses, los alevines se convierten en juveniles, que se caracterizan por marcas en sus cuerpos.

10

Los juveniles pasan una gran cantidad de tiempo en su río natal, o de uno hasta ocho años. Un proceso natural, la esmoltificación, cambia el camuflaje de los peces (volviéndolo de color plateado) y provee adaptación a la diferencia osmótica entre el agua dulce y el agua de mar. El pez totalmente esmoltificado, denominado esguín, migra al mar donde sigue las corrientes marinas superficiales y se alimenta de plancton o alevines.

20 El salmón adulto pasa de 1 a 4 años en el océano, donde el salmón madura sexualmente, crece y desarrolla su camuflaje único. La gran variación natural en el tiempo de maduración es notable, y presumiblemente se debe a una mezcla de factores genéticos y ambientales. El salmón sexualmente maduro posteriormente migra de regreso a su río natal para desovar, lo cual típicamente ocurre durante el otoño y a principios del invierno.

En general, la edad de maduración representa una compensación entre la aptitud y el riesgo de morir antes de la primera reproducción y, por lo tanto, los peces más grandes en general

se adaptan mejor a la reproducción sucesiva, pero la edad avanzada también puede tener un efecto negativo sobre la reproducción exitosa.

5 El cultivo del salmón del Atlántico se basa en la simulación de las condiciones requeridas en la naturaleza para producir salmones adultos a gran escala, mientras también se acelera la fase de crecimiento para incrementar la producción. De este modo, los huevos de salmón se fertilizan al utilizar lecha
10 recolectada de salmones macho y se dejan eclosionar. Después de la eclosión, los alevines resultantes se dejan madurar y desarrollarse en estanques de agua dulce. En la mayor parte de las granjas de salmones, el salmón esmoltificado se cría en el mar. De este modo, después de la esmoltificación, los esguines
15 usualmente se transfieren a jaulas marinas flotantes o corrales de redes que se han anclado en bahías protegidas o en fiordos a lo largo de la costa.

Se sabe que los factores genéticos y ambientales influyen en
20 el proceso de madurez del salmón, en entornos tanto naturales como artificiales (cultivo). En particular, se sabe que la temperatura del agua y las condiciones de luz pueden tener un efecto sobre la maduración del salmón del Atlántico (*Salmo salar*).

25

Fjelldal *et al.* (*Aquaculture* 321 (2011), 93) informan que una combinación de temperatura elevada y luz continua puede desencadenar la maduración tanto durante como inmediatamente después de la esmoltificación en el salmón del Atlántico macho.
30 En otro estudio, Taranger *et al.* (*Aquaculture* 162 (1998), 85) informan que las condiciones de luz afectan la edad de madurez

y el momento de la ovulación en el salmón del Atlántico criado en jaulas marinas. Se encontró que el momento de ovulación se adelantó por la exposición a la luz durante hasta 24 horas por día en la primera mitad del año calendario, seguido por días más cortos de julio en adelante. En contraste, la exposición continua a la luz retrasó el momento de ovulación. Aún más, se encontró que los fotoperíodos acelerados resultaban en una menor supervivencia de huevos, lo que indica que la luz excesiva puede tener efectos perjudiciales sobre la calidad de los gametos.

Imsland *et al.* (*Aquacult Int* 22 (2014), 1331) investigaron los efectos de dos fotoperíodos, luz continua y fotoperíodo natural simulado, sobre la maduración sexual en el salmón del Atlántico macho, previa y posteriormente a la esmoltificación. Se encontró que la crianza a largo plazo en luz continua y temperatura bastante alta (12.7 °C) mejoró la proporción de crecimiento y maduración.

Los efectos de la temperatura sobre el crecimiento de salmones también se han investigado, y el crecimiento en general se incrementa de manera lineal con el aumento de la temperatura, por lo menos durante el crecimiento de los salmónidos (Brett, en *Fish Physiology Vol. VIII*, pp 599-675 (1979)). También se ha informado que el crecimiento de salmones es óptimo a o en alrededor de los 14 °C.

Aunque los efectos del fotociclo y de la temperatura sobre la maduración de salmones se han estudiado extensamente, su interacción es compleja y sigue estando poco entendida. Hay indicios de que una temperatura inferior se correlaciona con

una maduración reducida durante el primer invierno marino (después de la esmoltificación), con una tasa disminuida concomitante de la madurez temprana (maduración temprana) (Saunders *et al.*, *Aquacult* 33, 107-118(1983)). Aún más, 5 Fjellidal *et al.* (*Aquaculture* 321, 93-100 (2011)) han sugerido que la temperatura incrementada es importante para desencadenar la maduración después de la esmoltificación. Sin embargo, es claro que la interacción de estos y otros factores en la maduración es compleja, y su separación, por lo tanto, es muy 10 difícil.

Más aún, los efectos del fotociclo, la temperatura, u otros factores ambientales y genéticos, sobre el desarrollo de huevos después de la maduración, solos o en combinación, están poco 15 entendidos.

La reproducción del salmón del Atlántico inicia con huevos de salmón fertilizados, y continúa a través de las fases de crecimiento larvario, infancia y crecimiento adulto. Los huevos 20 de alta calidad son una condición previa para una reproducción exitosa. En la naturaleza, solo un pequeño porcentaje de huevos sobrevive para eclosionar. Aunque las condiciones bien controladas dentro de los criaderos han resultado en tasas de supervivencia significativamente mejoradas, existe una demanda 25 continua de huevos de alta calidad, es decir, huevos que se desarrollen con normalidad, con pérdida mínima debido a cuestiones de viabilidad. Aún más, para satisfacer las demandas del mercado de producción durante todo el año, existe una demanda constante de huevos fertilizados, sin importar la 30 estación. Dado que el desove normal es altamente estacional, existe la necesidad de programas de reproducción que puedan

proveer la producción durante todo el año de huevos viables de alta calidad.

Descripción

5

Un objetivo de la presente invención es proveer un proceso para la producción mejorada de huevos de salmón. Un objetivo más es proveer un proceso que sea capaz de proveer huevos de salmón viables en forma continua en todas las estaciones.

10

Los inventores han descubierto que ciertas condiciones de crecimiento del salmón maduro resultan en una producción óptima de huevos de salmón, lo que resulta en huevos grandes que tienen una elevada viabilidad. Más aún, el proceso puede adaptarse para proveer huevos de salmón en forma continua, al ajustar ciertos parámetros (por ejemplo, temperatura del agua, fotociclo).

15

En particular, se ha descubierto que la Unidad Térmica Acumulada (ATU), durante un período de crianza de salmón que incluye por lo menos un ciclo de condiciones invernales (oscuridad predominante), seguido por condiciones veraniegas (luz predominante), definido como período invierno-verano en este documento, debe encontrarse dentro de cierto intervalo para dar como resultado huevos de salmón de alta calidad (huevos viables grandes).

20

25

Las condiciones veraniegas y/o invernales pueden simularse durante la crianza al ajustar la cantidad de luz a la que se expone el pez. De este modo, en términos prácticos puede ser útil tener la capacidad de ajustar la luz de modo que, durante

30

un período de crianza de salmón que incluye por lo menos un ciclo de condiciones invernales simuladas (oscuridad predominante), seguido por condiciones veraniegas simuladas (es decir, exposición a luz veraniega simulada, caracterizada por luz predominante), la ATU debe encontrarse dentro de cierto intervalo para dar como resultado huevos de salmón de alta calidad (huevos viables grandes).

Una Unidad Térmica Acumulada (ATU), en el presente contexto, es una unidad de medición utilizada para describir el efecto acumulativo de la temperatura durante un período. Una ATU es igual a 1 grado Celsius por 1 día (24 horas). A modo de ejemplo, un entorno que tiene una temperatura constante de 10 °C podría acumular 10 ATU por día y, durante un período de un mes (30 días), el entorno podría acumular 300 ATU.

En concordancia con lo precedente, la invención, en un aspecto, provee un proceso para la recolección de huevos de peces, que comprende las etapas de (i) proveer una población de reproductores que comprende peces sexualmente inmaduros de por lo menos una cepa de *Salmo salar*; (ii) criar la población de reproductores en un entorno acuático que comprende un medio acuático que es adecuado para sostener la vida de la población de reproductores de modo tal que proceda a la maduración, en donde la crianza se realiza en las fases de ciclo vital durante las cuales se ajusta por lo menos la exposición a la luz y el lapso de tiempo de cada fase de ciclo vital, en donde la crianza incluye por lo menos un período invierno-verano que comprende una fase de ciclo vital invernal, dentro de la cual la población de reproductores se expone a la luz que simula la exposición a luz invernal, y una fase de ciclo vital veraniego subsecuente,

dentro de la cual la población de reproductores se expone a luz que simula una exposición a luz veraniega, en donde la Unidad Térmica Acumulada (ATU) total durante el período invierno-verano no es de más de 5000; y (iii) recolectar de
5 huevos a partir de los peces maduros.

El término "entorno acuático" o "entorno de sistema acuático" se entenderá como la representación de un entorno en un cuerpo de agua. Los entornos acuáticos o los entornos de sistemas
10 acuáticos pueden ser entornos marinos o pueden ser entornos de agua dulce. Los entornos pueden ser terrestres o pueden basarse en un cuerpo de agua abierto, tal como el mar abierto o en lagos abiertos (usualmente de agua dulce).

15 La invención además provee huevos, en particular huevos de *Salmo salar* producidos por el proceso que se da a conocer en este documento.

La invención también provee un proceso de crianza de *Salmo salar* y, en particular, un proceso como se describe en la
20 siguiente descripción.

El período invierno-verano de preferencia es continuo, es decir, durante este período hay una fase de ciclo vital
25 veraniego que sigue inmediatamente a la fase de ciclo vital invernal.

Puede haber fases de ciclo vital adicionales que preceden al período invierno-verano. De este modo, la población de
30 reproductores puede criarse bajo condiciones que incluyen por lo menos un período veraniego, durante el cual la población de

reproductores se expone a luz que simula una exposición a luz veraniega, antes del período invierno-verano. Este período veraniego precedente puede interrumpirse por uno o más períodos invernales, durante cada uno de los cuales la población de reproductores puede criarse bajo condiciones que simulan la exposición a luz invernal.

La población de reproductores de preferencia ha alcanzado cierto tamaño antes del comienzo del período invierno-verano, que tiene una ATU total de no más de 5,000 ATU, con el fin de dar como resultado una producción de huevos óptima. De este modo, antes del período invierno-verano, la población de reproductores puede dejarse crecer de modo tal que el peso promedio de la población de reproductores sea de por lo menos 50 g por pez, de preferencia por lo menos 100 g por pez, con mayor preferencia por lo menos 200 g por pez, con mayor preferencia por lo menos 300 g por pez, con mayor preferencia por lo menos 500 g por pez, con mayor preferencia por lo menos 1000 g por pez, con mayor preferencia por lo menos 2000 g por pez, incluso con mayor preferencia por lo menos 3000 g por pez e incluso con mayor preferencia por lo menos 4000 g por pez.

Durante la crianza que precede al período invierno-verano, la población de reproductores puede dejarse esmoltificar. De este modo, durante un período que precede al período invierno-verano y que incluye por lo menos un ciclo vital veraniego, que opcionalmente puede interrumpirse por uno o más ciclos vitales invernales, la población de reproductores puede dejarse esmoltificar. De este modo, en ciertas modalidades, la población de reproductores se cría a la esmoltificación antes de la crianza bajo el período invierno-verano, durante el cual

la ATU total no es de más de 5,000 ATU. Después de la esmoltificación, la población de reproductores puede criarse durante un ciclo de luz veraniega que precede al período invierno-verano, hasta que la población de reproductores haya alcanzado un tamaño que es preferible para la siguiente crianza invierno-verano.

La esmoltificación puede incluir un período de crianza que incluye un período de aproximadamente 4 semanas, durante el cual la población de reproductores experimenta condiciones de luz veraniega. Antes de este período, la población de reproductores puede criarse por 4 a 7 semanas en condiciones de aproximadamente 50% de luz diurna cada ciclo de 24, es decir, 12 horas de luz seguidas por 12 horas de oscuridad en cada período de 24 horas. Otras condiciones de luz que permiten la esmoltificación también son compatibles con la crianza corriente abajo de la población de reproductores para producir huevos óptimos.

Después del período invierno-verano, el pez puede criarse bajo condiciones de luz invernal o condiciones de luz que simulan la exposición a luz invernal, es decir, la crianza incluye un siguiente ciclo vital invernal. Durante este ciclo vital, en una denominada fase de retención, el pez de preferencia se mantiene bajo condiciones de exposición a luz invernal, o exposición a luz invernal simulada, hasta que el pez desova. Una vez que el pez desova, los huevos maduros pueden recolectarse del pez.

La invención, en otro aspecto, provee un proceso para la recolección de huevos de peces, que comprende una primera etapa

de provisión de una población de reproductores que comprende peces sexualmente inmaduros esmoltificados de por lo menos una cepa de *Salmo salar*. Posteriormente, la crianza de la población de reproductores en un entorno acuático que comprende un medio acuático que es adecuado para sostener la vida de la población de reproductores, de modo tal que proceda a la maduración, en donde la crianza se realiza en fases de ciclo vital, y en donde se ajusta por lo menos la exposición a luz y el lapso de tiempo de cada fase de ciclo vital, por lo que (a) en una primera fase de ciclo vital, la población de reproductores se expone a fotociclos que simulan una exposición a luz veraniega, por lo que, al final de la fase de ciclo vital, el peso promedio de la población de reproductores es de por lo menos 0.1 kg, por lo menos 0.2 kg, por lo menos 0.5 kg o por lo menos 1.0 kg; (b) en un período (período invierno-verano) que sigue al primer ciclo vital y que incluye por lo menos una segunda fase de ciclo vital, dentro de la cual la población de reproductores se expone a luz que simula una exposición a luz invernal, y una tercera fase de ciclo vital subsecuente, dentro de la cual la población de reproductores se expone a luz que simula una exposición a luz veraniega, la Unidad Térmica Acumulada (ATU) total no es de más de 5000; y (c) en una fase de retención que sigue a todas las fases previas, la población de reproductores se expone a fotociclos que simulan una exposición a luz invernal y se mantiene en esas condiciones hasta que la población de reproductores ha madurado para desovar. Finalmente, los huevos se recolectan de peces maduros. El pez que entra al período de crianza invierno-verano, en ciertas modalidades, puede ser salmón que tiene 1 a 5 años de edad, o 2 a 5 años de edad, o 3 a 5 años de edad, es decir, el salmón se ha criado por 1 a 5 años, 2 a 5 años o 3 a 5 años antes del

período invierno-verano. En una modalidad, el salmón es un salmón de 4 años de edad.

En una modalidad, el proceso global puede representarse de manera simplificada como una progresión simulada de períodos de ciclos vitales verano-invierno-verano-invierno, donde cada período o estación se caracteriza por condiciones que imitan las condiciones que el salmón experimenta en vida silvestre (es decir, variaciones de luz natural). El primer verano en esta secuencia puede ser la fase de ciclo vital que sigue a la esmoltificación, durante la cual el salmón crece a un tamaño óptimo para la subsecuente maduración y desove. El último invierno, en contraste, puede representarse por la fase de retención, durante la cual el salmón se encuentra en un patrón de retención y esperando al desove, lo que simula las condiciones en los ríos natales.

El salmón experimenta cambios de condiciones de luz estacional, es decir, el salmón es sensible a la luz y responde a la luz de manera estacional. Sin pretender limitarse por cuestiones teóricas, se considera que el cerebro del salmón, en particular el *saccus vasculosus*, representa un sensor estacional (Nakane et al, *Nature Comm* 2013, 3:2108). Se considera que el mecanismo estacional incluye fotorreceptores y genes reguladores de hormonas, que tienen la capacidad de transformar los cambios de luz externa a producción hormonal y, en consecuencia, a cambios fisiológicos. Por consiguiente, al exponer al salmón a grados variables de luz u oscuridad, pueden desencadenarse cambios fisiológicos estacionales en el salmón. Por ejemplo, la exposición a luz durante un promedio de aproximadamente 12 horas o más, en cada período de 24 horas, puede experimentarse

por el pez como un período veraniego. En contraste, la exposición a luz durante un promedio de aproximadamente 12 horas o menos, en cada período de 24 horas, se experimenta como un período invernal. Como consecuencia, un ciclo vital de verano simulado puede incluir una exposición a luz que es en promedio de 12 horas o más en cada período de 24 horas, y un ciclo vital de invierno simulado puede incluir una exposición a luz que es de un promedio de no más de 12 horas en cada período de 24 horas.

10

Por consiguiente, puede considerarse que "invierno", "invierno simulado" o "exposición a luz invernal simulada", en el presente contexto, representan una fase de ciclo vital en donde las condiciones de luz se encuentran dentro de ciertos límites de exposición a la luz. Un invierno puede incluir, en promedio, exposición a luz por 0 a aproximadamente 12 horas, exposición a luz por 0 a aproximadamente 10 horas, 0 a aproximadamente 8 horas, exposición a luz por 0 a aproximadamente 6 horas, exposición a luz por 0 a aproximadamente 5 horas, exposición a luz por 0 a aproximadamente 4 horas, exposición a luz por 0 a aproximadamente 3 horas, exposición a luz por 0 a aproximadamente 2 horas, exposición a luz por 0 a aproximadamente 1 hora o ausencia de exposición a luz en cada ciclo de 24 horas. De preferencia, un invierno incluye exposición a luz por 0 a 8 horas en cada ciclo de 24 horas.

25

Un "verano", "verano simulado" o "exposición a luz veraniega simulada", en el presente contexto, en contraste puede incluir exposición a luz, en promedio, durante por lo menos 8 horas, por lo menos 10 horas, por lo menos 12 horas, por lo menos 14 horas, por lo menos 16 horas, por lo menos 18 horas, por lo

30

menos 20 horas, por lo menos 22 horas, o durante las 24 horas en cada ciclo de 24 horas. De preferencia, durante una fase veraniega, hay exposición a luz por aproximadamente 20 a aproximadamente 24 horas, o aproximadamente 22 horas, o
5 aproximadamente 23 horas, o aproximadamente 24 horas en cada ciclo de 24 horas.

Obviamente, la exposición a luz cambia gradualmente en la vida silvestre. Por consiguiente, un ciclo vital veraniego y un
10 ciclo vital invernal pueden caracterizarse por un cambio gradual en la luz que simula el cambio en la luz que tiene lugar en la vida silvestre. Por consiguiente, en ciertas modalidades, la transición a un ciclo vital veraniego puede comprender condiciones durante las cuales se permite que las
15 condiciones de luz cambien gradualmente de la exposición a luz invernal a condiciones de luz veraniega, es decir, puede haber un cambio gradual en la exposición a luz, de las condiciones que simulan una exposición a luz invernal a las condiciones que simulan una exposición a luz veraniega. Durante ese
20 período, puede haber por lo tanto un cambio gradual en la exposición a luz durante cada ciclo de 24 horas, de modo que el pez al principio experimenta condiciones de luz que experimenta como exposición a luz invernal y, durante un período subsecuente hay un cambio en la cantidad de luz en cada
25 ciclo de 24 horas, para que el pez se exponga lentamente a las condiciones de luz que experimenta como condiciones de luz veraniega. De igual modo, un ciclo vital invernal puede comprender condiciones durante las cuales se permite que las condiciones de luz cambien gradualmente de la exposición a luz
30 veraniega a condiciones de luz veraniega, es decir, puede haber un cambio gradual en la exposición a luz, de las condiciones

que simulan una exposición a luz veraniega a las condiciones que simulan una exposición a luz invernal. Una vez que se han alcanzado las condiciones de luz que el pez experimenta como condiciones de luz invernal y/o veraniega, pueden mantenerse durante un período deseado, de modo tal que el pez experimenta condiciones de luz que percibe como si representaran una sola estación (invierno o verano).

Se apreciará que las condiciones de luz que simulan la exposición a luz veraniega o invernal pueden proveerse en forma de un período que incluye exposición parcial o completa a las condiciones de luz ambiental, siempre y cuando el salmón experimente la estación correspondiente, es decir, invierno o verano. Esto puede hacerse, por ejemplo, cuando la crianza se realiza en estanques abiertos o jaulas abiertas. De este modo, pueden proveerse condiciones de luz veraniega simulada en forma de exposición a luz ambiental durante un verano o parte de un verano (por ejemplo, durante una parte o la totalidad del período de mayo a agosto). Asimismo, las condiciones de luz que simulan la luz invernal pueden proporcionarse en forma de condiciones de oscuridad invernal ambiental, por ejemplo, por la exposición a luz ambiental durante una parte o la totalidad del período entre aproximadamente octubre y marzo. Obviamente, esta exposición invernal es naturalmente más prominente en las partes septentrionales del hemisferio norte y en las partes meridionales del hemisferio sur.

Sin embargo, en la práctica puede ser conveniente cambiar las condiciones de luz artificial abruptamente, es decir, al cambiar las condiciones de invierno a verano o viceversa sin un período de transición, es decir, por un cambio inmediato en

las condiciones de luz. Alternativamente, el cambio en las condiciones de luz puede hacerse durante cierto período, que puede variar de días a meses. Por ejemplo, el cambio en las condiciones de luz puede imitar el cambio muy gradual experimentado en vida silvestre. Alternativamente, el cambio en las condiciones de luz puede hacerse durante un período de unos cuantos días a unas cuantas semanas o más. Por ejemplo, el cambio en las condiciones de luz puede hacerse dentro de un período de aproximadamente 1 semana a aproximadamente 4 semanas. Alternativamente, el cambio en las condiciones de luz puede hacerse dentro de un período de aproximadamente 1 día a aproximadamente 7 días.

Aunque típicamente la luz puede encenderse o apagarse, es decir, hay una exposición continua a la luz por un período determinado (por ejemplo, 16 horas de luz en cada período de 24 horas), seguido por oscuridad (sin luz) durante un período determinado, puede haber breves períodos de irradiación de luz durante un período de otro modo "oscuro". Por ejemplo, si es necesario alimentar a los peces, o si deben inspeccionarse las condiciones dentro de la planta de crianza de peces, la luz puede encenderse la luz durante un breve período, típicamente unos cuantos minutos, durante el cual puede realizarse la alimentación, el mantenimiento u otras labores. Después de esta breve exposición a la luz, las luces pueden apagarse para que el pez continúe experimentando una fase "oscura". Por consiguiente, estas interrupciones en una fase oscura no afectan la manera en la cual el pez experimenta el período, es decir, como un período de oscuridad.

Las ventajas de la invención son el resultado de controlar específicamente las condiciones (en particular la luz y la temperatura) y el tiempo de cada fase de ciclo vital y, en particular, (i) controlar el tamaño/peso del pez después del
5 primer período veraniego, y (ii) conservar la ATU durante el período invierno-verano subsecuente dentro de un intervalo óptimo, del que se ha encontrado que resulta en condiciones óptimas para que los peces alcancen la madurez sexual, con la subsecuente producción y maduración de huevos que tienen alta
10 calidad y viabilidad.

Los peces esmoltificados, para su uso en el proceso de acuerdo con la invención, pueden producirse por métodos convencionales. Esto incluye métodos convencionales de incubación, eclosión y
15 crianza de alevines y juveniles a través de la fase de esmoltificación, al utilizar cualquier cepa particular de *Salmo salar*. El proceso es aplicable para cultivos de cepas individuales o cultivos combinados, es decir, cultivos que incluyen dos o más cepas de *Salmo salar*. Puede ser preferible recolectar huevos de una sola cepa de *Salmo salar* en cada lote
20 que se procesa, en concordancia con la invención. En otras palabras, puede ser preferible conservar diferentes cepas separadas (por ejemplo, en estanques o jaulas separadas) durante el proceso de cultivo y recolección. Por consiguiente,
25 el proceso de preferencia puede aplicarse al proveer una población de reproductores de una sola cepa de *Salmo salar*.

La población de reproductores esmoltificados puede criarse bajo condiciones que simulan una exposición a luz veraniega, hasta
30 que la población de reproductores haya alcanzado un tamaño apropiado que, en ciertas modalidades, puede encontrarse en el

intervalo de 500 g a 6000 g, tal como de 1000 g a 5000 g, 2000 g a 5000 g o 3000 g a 4000 g. Los peces esmoltificados posteriormente pueden criarse por al menos un período invierno-verano, como se describe en este documento, con el fin de
5 proceder a la maduración y subsecuente desove.

Al momento del sacrificio, el salmón que se cría para consumo humano usualmente ha alcanzado un peso de 2 a 8 kg. El salmón que se utiliza en el proceso de la presente invención, es
10 decir, el salmón que se someterá a crianza durante un período invierno-verano, de este modo puede ser salmón que se ha criado al utilizar condiciones similares o las mismas que las utilizadas durante el cultivo de salmón convencional.

15 Los inventores han descubierto que el salmón que ha alcanzado cierto peso tiene mayor probabilidad de producir huevos viables de alta calidad. Por consiguiente, el salmón que se utiliza para producción de huevo puede pesar aproximadamente 1 a 10 kg, aproximadamente 2 a 10 kg, aproximadamente 2 a 8 kg,
20 aproximadamente 2 a 6 kg, aproximadamente 1 a 5 kg, aproximadamente 2 a 5 kg, aproximadamente 3 a 5 kg o aproximadamente 4 kg, al final de un período veraniego posterior a la esmoltificación (período de condiciones predominantemente de luz que sigue a la esmoltificación) y,
25 con mayor preferencia, aproximadamente 4 kg. De este modo, una primera fase de ciclo vital (un período veraniego simulado), en el proceso en concordancia con la invención, que precede al período invierno-verano, puede ser más prolongada que el período veraniego que podría utilizarse durante la crianza para
30 consumo humano, por lo que el pez puede alcanzar un tamaño apropiado para los períodos de fotociclos corriente abajo

(período invierno-verano, seguido por un período de fase de retención).

El entorno acuático puede ser o comprender un sistema acuícola
abierto o un sistema acuícola cerrado. El sistema puede estar
en el mar o el sistema puede ser terrestre. El sistema también
puede estar parcialmente en el mar y ser parcialmente
terrestre. Por ejemplo, el sistema puede comprender uno o más
estanques que están en el mar y se utilizan para uno o más de
los períodos de crianza, y el sistema además puede comprender
uno o más estanques que están en tierra, utilizados en uno o
más de los períodos de crianza que son diferentes a los períodos
de crianza realizados en el mar. El entorno acuático puede
comprender uno o más sistemas acuícolas abiertos. Los sistemas
acuícolas abiertos típicamente son confinamientos que se han
provisto dentro de vías fluviales naturales. Los sistemas
acuícolas abiertos comunes incluyen jaulas marinas, como las
jaulas de malla flotantes. Las jaulas pueden anclarse al fondo
marino. Los sistemas acuícolas también pueden comprender
estanques o jaulas cerradas con base en el mar.

En una modalidad, el salmón se cría al utilizar una combinación
de condiciones de luz ambiental y artificial. Por ejemplo, el
salmón puede criarse hasta cierto tamaño en luz ambiental,
seguido por la crianza al utilizar condiciones estacionales
simuladas (verano y/o invierno).

En una de estas modalidades, el salmón se cría en condiciones
ambientales en estanques o jaulas marinas durante un período
que incluye por lo menos un invierno. Por ejemplo, el salmón
puede criarse por un período de aproximadamente 9 a 15 meses,

o aproximadamente 12 meses, incluyendo un invierno. Una vez que el salmón ha alcanzado cierto tamaño, por ejemplo, un tamaño de aproximadamente 4 a 8 kg, se expone a condiciones de luz veraniega simulada. Esta etapa de crianza veraniega puede realizarse en jaulas o estanques marinos, o puede realizarse en estanques cerrados terrestres. Posteriormente, el salmón puede exponerse a condiciones de luz invernal hasta que desova y los huevos pueden recolectarse.

10 En una de estas modalidades, el salmón se cría en jaulas abiertas marinas por aproximadamente 12 meses bajo condiciones ambientales. Al final de este período, que de preferencia puede ser en marzo, el salmón se expone a condiciones veraniegas artificiales (por ejemplo, al exponer el salmón a la luz
15 durante 22 horas al día), ya sea en jaulas marinas o en tierra en estanques cerrados. Finalmente, después de una exposición a condiciones veraniegas durante aproximadamente 3 meses, las condiciones de luz se cambian para simular el invierno, de preferencia en estanques cerrados (ya sea en tierra o en el
20 mar). Durante esta fase, el salmón procede al desove, punto en el cual los huevos pueden recolectarse.

A partir de lo precedente, será evidente que el período invierno-verano puede realizarse al utilizar condiciones
25 parcialmente ambientales que simulan condiciones invernales, y condiciones de luz parcialmente artificial que simulan condiciones de luz veraniega.

Como alternativa, el sistema puede ser un sistema acuícola
30 semicerrado. Estos sistemas usualmente son terrestres, con intercambio de agua entre la granja y una vía fluvial natural.

De este modo, el agua residual puede liberarse de las jaulas y/o estanques hacia la vía fluvial, con reabastecimiento al utilizar agua dulce de la vía fluvial circundante.

- 5 Con mayor preferencia, el sistema acuícola puede ser un sistema acuícola cerrado. Estos sistemas pueden ser terrestres, tal como dentro de estanques, canales de estanques o similares. De preferencia, el sistema acuícola cerrado es un sistema a base de estanques, que comprende uno o una pluralidad de estanques
- 10 terrestres.

Los estanques pueden ser cualquier estanque convencional que se utiliza, o es utilizable, en el cultivo de peces de base terrestre. Los estanques, por ejemplo, pueden ser de

15 conformación generalmente redonda y de cualquier tamaño conveniente. Los estanques alternativamente pueden ser estanques alargados con terminación en D, o los estanques pueden ser rectangulares (a veces denominados estanques de "canales"). Puede ser en especial preferible que los estanques

20 sean redondos, con una parte inferior plana o en declive, con un volumen global que se encuentra en el intervalo de 10 a 3000 m³, 10 a 1000 m³, con mayor preferencia 100 a 500 m³, con mayor preferencia 100 a 400 m³ y, con mayor preferencia, 100 a 300 m³.

25

Una ventaja de los sistemas terrestres es que hay poca o ninguna interferencia de las vías fluviales circundantes, debido al estricto control del agua residual. Como consecuencia, hay poco riesgo de escape de peces del sistema, lo cual es una

30 preocupación principal con los sistemas abiertos.

De este modo, un sistema acuícola cerrado, en el presente contexto, es un sistema de producción piscícola que crea una interfaz controlada entre el cultivo (peces) y el entorno circundante. En general, situados ya sea en agua o en tierra,

5 los sistemas acuícolas cerrados pueden:

eliminar o reducir significativamente la contaminación del agua por alimentos, heces y residuos químicos;

eliminar escapes de la crianza;

10 eliminar muertes de mamíferos marinos debido a interacciones con peces y redes de cultivo;

eliminar o reducir en gran medida el riesgo de enfermedad y transferencia de parásitos a salmones silvestres; y

reducir significativamente la necesidad de antibióticos y tratamientos químicos en la producción de peces.

15

El sistema acuícola puede ser un sistema acuícola recirculante (RAS). Un RAS es una serie de estanques de cultivo y filtros donde el agua se recicla y monitorea continuamente para conservar condiciones óptimas durante todo el año. Para
20 prevenir el deterioro de la calidad del agua, el agua se trata mecánicamente a través del retiro de materia en partículas, y biológicamente a través de la conversión de productos químicos nocivos acumulados a productos no tóxicos.

25 El sistema acuícola alternativamente puede ser un sistema de flujo continuo, con un flujo continuo de medio acuático a través del estanque. Los sistemas de flujo continuo pueden ser sistemas de flujo corriente, en los cuales hay un flujo continuo de agua a través del estanque, es decir, el estanque
30 contiene por lo menos una entrada de agua para recibir agua

dulce, y por lo menos una salida de agua, a través de la cual se libera agua del estanque.

Otros tratamientos, tales como esterilización ultravioleta, 5 ozonización e inyección de oxígeno también se utilizan para mantener una calidad de agua óptima. A través de este sistema, muchos de los inconvenientes ambientales de la acuicultura se minimizan, incluyendo peces que escapan, uso del agua e introducción de contaminantes. Las prácticas también 10 incrementaron el crecimiento con eficiencia de uso de alimento al proveer una calidad de agua óptima.

Puede considerarse que las fases de ciclo vital representan variaciones estacionales que el salmón podría experimentar en 15 vida silvestre. De este modo, puede considerarse que la primera fase de ciclo vital representa una fase veraniega, y puede considerarse que el período que sigue a la primera fase de ciclo vital representa una fase invernal, seguida por una fase veraniega. Finalmente, la última fase (de retención) puede 20 considerarse una fase invernal.

En el salmón, como en otros peces, se considera que los ritmos de melatonina controlan por lo menos parcialmente la coordinación temporal de muchos procesos fisiológicos, tales 25 como la esmoltificación y la reproducción. El salmón es sensible a la luz, con el umbral de intensidad luminosa para percepción considerado tan bajo como de 0.012 a 0.016 W/m² (LeClerqc et al. *Aquacult Eng.* 44, 35-47 (2011), Migaud et al. *J. Pineal Res* 41:42-52 (2006)). En contraste, la intensidad 30 luminosa de la luz solar directa en la superficie de la Tierra, cuando el sol se encuentra en el zenit, es de aproximadamente

1030 W/m². Sin embargo, dado que la intensidad luminosa de la luz solar tiene una variación diurna extrema y existen grandes variaciones geográficas, la radiación promedio en la superficie de la Tierra es de aproximadamente 340 W/m², y la variación
5 estacional en la radiación diaria máxima en el norte de Europa (Inglaterra) varía entre aproximadamente 200 en diciembre y aproximadamente 900 W/m² en junio.

Las variaciones estacionales obviamente son una combinación de
10 una intensidad luminosa disminuida debido a la disminución de las horas de luz solar diaria, y la radiación disminuida debido a la posición del sol. Los animales tales como el salmón necesitan detectar estos cambios. El salmón ha desarrollado un sensor estacional muy sensible y, como consecuencia, la
15 percepción de lo que es un "día" es muy diferente a lo que un humano típico podría percibir. Por lo tanto, un cambio de "día" a "noche", en el presente contexto, requiere bajos niveles de luz y, en consecuencia, un período "veraniego" puede caracterizarse por una intensidad luminosa bastante baja dentro
20 de cada ciclo de 24 horas. En contraste, deben mantenerse condiciones muy oscuras para que el salmón experimente verdaderas condiciones tipo "invierno".

Las condiciones de luz simulada de invierno y verano en el
25 presente contexto, por lo tanto, representan condiciones que el salmón percibe como invierno o verano, lo cual se determina principalmente por las condiciones de luz. Por lo tanto, con los términos "exposición a luz veraniega simulada" y "exposición a luz invernal simulada" se pretende referirse a
30 una simulación de exposición a luz que el salmón percibirá como condiciones de verano o invierno. El término por lo tanto puede

incluir la exposición a condiciones de luz ambiental de la estación correspondiente, es decir, condiciones ambientales de verano o de invierno. La crianza, para cualquier estación particular, puede incluir la exposición a condiciones correspondientes de luz ambiental, a condiciones de luz simulada, o ambas, es decir, uno o más períodos de exposición a luz ambiental y uno o más períodos precedentes o siguientes de condiciones de luz simulada.

10 Por consiguiente, la exposición a luz, como se define en este documento, es luz que tiene una intensidad que puede percibirse por el salmón. De este modo, la exposición a luz puede dar a entender que la intensidad luminosa experimentada por el salmón es de por lo menos aproximadamente 0.010 W/m^2 , por lo menos aproximadamente 0.012 W/m^2 , por lo menos aproximadamente 0.014 W/m^2 , por lo menos aproximadamente 0.016 W/m^2 , por lo menos aproximadamente 0.018 W/m^2 o por lo menos aproximadamente 0.020 W/m^2 .

20 La oscuridad (por ejemplo, ausencia de luz), en contraste, puede ser niveles luminosos que se encuentran debajo de los niveles de percepción del salmón del Atlántico. De este modo, la oscuridad puede ser una intensidad luminosa experimentada por el salmón que es de menos de aproximadamente 0.016 W/m^2 , menos de aproximadamente 0.014 W/m^2 , menos de aproximadamente 0.012 W/m^2 , menos de aproximadamente 0.010 W/m^2 o menos de aproximadamente 0.008 W/m^2 .

En general, la luz es luz natural y/o artificial que comprende longitudes de onda en el intervalo visible. La luz puede comprender ciertas longitudes de onda dentro del intervalo

visible. En otras palabras, la luz puede comprender uno o más intervalos de longitudes de onda dentro de la región visible. En ciertas modalidades, la exposición a luz experimentada por el salmón es la exposición a luz promedio en cada ciclo de 24 horas. Esto significa que, por ejemplo, una exposición a luz de 0.020 W/m^2 por 12 horas, seguida por oscuridad completa, resulta en una exposición a luz promedio de 0.010 W/m^2 .

La intensidad luminosa puede ser el promedio de la intensidad cuando se determina en la superficie superior del medio acuático (por ejemplo, estanque de agua). Alternativamente, la intensidad luminosa puede ser el promedio de la intensidad cuando se determina en la parte inferior del medio acuático (estanque de agua). La intensidad luminosa alternativamente puede ser el promedio medido dentro del medio acuático, incluyendo mediciones en el agua, en la superficie superior y/o en la parte inferior del medio acuático.

Por lo general se considera que la temperatura óptima para el salmón en vida silvestre se encuentra en el intervalo de aproximadamente 12°C a 15°C . Aunque los peces pueden tolerar temperaturas superiores, tales como de hasta 20°C , al menos por períodos cortos, otros factores conducen a una mayor mortalidad a temperaturas más altas. Estos incluyen una fecundidad reducida, disminución en la supervivencia de los huevos, retardo en el crecimiento de alevines y esguines, reducidas densidades de crianza, aumento de la susceptibilidad a enfermedades y disminución en la capacidad de los salmones y truchas jóvenes para competir con otras especies por alimento y para evitar la depredación. También hay un límite inferior para la temperatura a la cual el salmón es viable, en particular

para los peces adultos, y los huevos, los alevines con saco vitelino o larvas y los alevines tempranos pueden tolerar temperaturas del agua cercanas a 0 °C.

5 Los presentes inventores han descubierto que la combinación de temperatura y tiempo es un factor crítico para el desarrollo, viabilidad y estabilidad de los huevos. De este modo, como se ilustra en los Ejemplos ilustrativos provistos en este documento, si la Unidad Térmica Acumulada (ATU) durante el
10 período invierno-verano combinado, que puede seguir a la maduración del esguín durante un verano simulado, excede un valor superior, la viabilidad y estabilidad de los huevos se deteriora rápidamente. Por consiguiente, la ATU del período de preferencia es de menos de aproximadamente 5,000 unidades, con
15 mayor preferencia menos de aproximadamente 4,800 unidades, con mayor preferencia menos de aproximadamente 4,600 unidades, con mayor preferencia menos de aproximadamente 4,400 unidades y con mayor preferencia menos de aproximadamente 4,200 unidades. Incluso con mayor preferencia, la ATU del período es menor a
20 aproximadamente 4,100 unidades.

En ciertas modalidades, la ATU total durante el período invierno-verano se encuentra en el intervalo de aproximadamente 2,000 a 5,000 ATU, tal como en el intervalo de aproximadamente
25 2,000 a 4,500 ATU, tal como en el intervalo de aproximadamente 2,000 a 4,000 ATU, tal como en el intervalo de aproximadamente 2,500 a 3,500 ATU, tal como en el intervalo de aproximadamente 3,000 a 3,500 ATU, o tal como en el intervalo de aproximadamente 2,500 a 3,100 ATU.

Para garantizar que los huevos hayan alcanzado cierto tamaño y para garantizar la viabilidad, la ATU durante el período de preferencia es de por lo menos 2,000 unidades, con mayor preferencia por lo menos 2,100 unidades, con mayor preferencia por lo menos 2,200 unidades, con mayor preferencia por lo menos 2,300 unidades, con mayor preferencia por lo menos 2,400 unidades e incluso con mayor preferencia por lo menos 2,500 unidades.

10 Por consiguiente, el intervalo de ATU, dentro del período que sigue al primer período de ciclo vital, puede encontrarse en el intervalo de aproximadamente 2,000 a 5,000 unidades, en el intervalo de aproximadamente 2,100 a 4,800 unidades, en el intervalo de aproximadamente 2,200 a 4,600 unidades, en el
15 intervalo de aproximadamente 2,300 a 4,500 unidades, en el intervalo de aproximadamente 2,400 a 4,300 unidades, en el intervalo de aproximadamente 2,500 a 4,200 unidades, en el intervalo de aproximadamente 2,500 a 4,200 unidades, en el intervalo de aproximadamente 2,000 a 4,500 unidades, en el
20 intervalo de aproximadamente 2,000 a 4,000 unidades, en el intervalo de aproximadamente 2,500 a 3,500 unidades, en el intervalo de aproximadamente 3,000 a 3,500 unidades, o en el intervalo de aproximadamente 2,500 a 3,100 unidades.

25 El componente de ciclo vital invernal del período invierno-verano puede comprender una ATU total de aproximadamente 1,600 a 3,500 unidades, tal como de aproximadamente 1,800 a 3,200 unidades, tal como de aproximadamente 2,000 a 3,000 unidades, tal como de aproximadamente 2,000 a 2,800 unidades, tal como
30 de aproximadamente 2,000 a 2,600 unidades, o tal como de aproximadamente 2,000 a 2,400 unidades.

El invierno puede variar en tiempo de 8 a 50 semanas, de 10 a 50 semanas, de 15 a 50 semanas, tal como de 16 a 50 semanas, tal como de 18 a 45 semanas, tal como de 20 a 40 semanas, tal como de 25 a 35 semanas, tal como de 28 a 34 semanas, o tal como de 30 a 32 semanas.

El componente de ciclo vital veraniego del período invierno-verano puede comprender una ATU total de aproximadamente 400 a 1,500 unidades, tal como de aproximadamente 500 a 1,300 unidades, tal como de aproximadamente 600 a 1,200 unidades, tal como de aproximadamente 700 a 1,100 unidades, o tal como de aproximadamente 800 a 1,000 unidades.

El ciclo vital veraniego del período invierno-verano en general puede encontrarse en el intervalo de aproximadamente 6 a 20 semanas, en el intervalo de aproximadamente 8 a 20 semanas, en el intervalo de aproximadamente 10 a 18 semanas, en el intervalo de aproximadamente 12 a 16 semanas, en el intervalo de aproximadamente 13 a 15 semanas, o en aproximadamente 14 semanas.

El proceso de esmoltificación desarrolla un mecanismo para que el salmón lidie con la presión osmótica ocasionada por el agua marina. La salinidad promedio (sal disuelta total) en el agua de mar es de aproximadamente 35,000 ppm (igual a 3.5% o 35 g/l), mientras que el plasma del pez tiene una salinidad de aproximadamente 10,000 ppm. El salmón por lo tanto combate contra un gradiente de aproximadamente 25,000 ppm.

La salinidad del medio, en concordancia con la invención, en general puede encontrarse en el intervalo de 0 a 35,000 ppm,

es decir, el medio puede representar agua de mar, agua dulce (no salina), o agua con una salinidad que se encuentra entre el agua dulce y el agua de mar. Por ejemplo, puede ser preferible mantener una salinidad menor, tal como de

5 aproximadamente 0 a 30,000 ppm, aproximadamente 0 a 28,000 ppm, o de 0 a 26,000 ppm. En algunas modalidades, la salinidad se encuentra en el intervalo de aproximadamente 10,000 ppm a aproximadamente 35,000 ppm, aproximadamente 20,000 ppm a aproximadamente 35,000 ppm, aproximadamente 20,000 ppm a

10 aproximadamente 30,000 ppm, tal como de aproximadamente 22,000 ppm a aproximadamente 28,000 ppm, aproximadamente 24,000 ppm a aproximadamente 28,000 ppm, aproximadamente 24,000 ppm a aproximadamente 26,000 ppm, o de aproximadamente 26,000 ppm en cualquiera de las fases de ciclo vital. El período invierno-

15 verano puede llevarse a cabo en un entorno acuático de cualquier salinidad deseada. En algunas modalidades, la salinidad se encuentra en el intervalo de aproximadamente 26,000 ppm a aproximadamente 35,000 ppm.

20 Una o más de las fases de ciclo vital pueden realizarse en agua que tiene baja salinidad. Esta agua tiene en general una salinidad de menos de 5,000 ppm, con mayor preferencia menos de 3,000 ppm, con mayor preferencia menos de 2,000 ppm, incluso con mayor preferencia menos de 1,000 ppm. En particular puede

25 ser preferible que el medio acuático, durante la fase de retención, sea de baja salinidad.

La densidad de carga del salmón en el proceso (la cantidad de salmón por unidad de volumen en el medio) de preferencia puede

30 encontrarse en el intervalo de 10 a 100 kg/m³, 10 a 50 kg/m³, 10 a 35 kg/m³, o 10 a 30 kg/m³, 15 a 30 kg/m³, 20 a 30 kg/m³,

25 a 30 kg/m³, o aproximadamente 15 kg/m³, aproximadamente 20 kg/m³, aproximadamente 25 kg/m³ o aproximadamente 30 kg/m³. Puede ser preferible que la densidad de carga sea menor a 30 kg/m³, menor a 25 kg/m³, menor a 20 kg/m³ o menor a 15 kg/m³.

5

El salmón puede alimentarse con alimento convencional durante la crianza, tales como gránulos elaborados de harina de pescado o aceite de pescado. El alimento de preferencia puede incluir ingredientes adicionales tales como harina vegetal, extractos
10 vegetales (cereal, frijol, soya, etc.), vitaminas, sales minerales y astaxantina.

Los huevos que se obtienen por el proceso en concordancia con la invención tienen la ventaja de ser de gran tamaño, y tener
15 una alta viabilidad. Los huevos en promedio pueden tener por lo menos 3 mm de diámetro, con mayor preferencia por lo menos 4 mm de diámetro, incluso con mayor preferencia por lo menos 5 mm o por lo menos 5.5 mm de diámetro. Los huevos en promedio pueden encontrarse en el intervalo de 3 a 10 mm de diámetro,
20 de preferencia aproximadamente 3 a 9 mm, con mayor preferencia aproximadamente 4 a 8 mm o aproximadamente 5 a 7 mm de diámetro, o aproximadamente 5.5 a 6.5 mm de diámetro.

El tamaño de huevo a veces se estima a partir del número de
25 huevos por volumen que los huevos ocupan. De este modo, si hay 6,000 huevos en un litro de volumen, el tamaño de huevo promedio es de aproximadamente 5.8 mm. El tamaño de huevo es inversamente proporcional al número de huevos por volumen. Por consiguiente, los huevos que se producen en concordancia con
30 la invención de preferencia pueden tener un tamaño promedio de modo que se encuentre en el intervalo de 2,000 a 10,000 huevos

por volumen de un litro, tal como en el intervalo de 3,000 a 10,000 huevos por volumen de un litro, tal como en el intervalo de 4,000 a 9,000 huevos por volumen de un litro, tal como en el intervalo de 4,000 a 8,000 huevos por volumen de un litro, tal como en el intervalo de 5,000 a 8,000 huevos por volumen de un litro, o tal como en el intervalo de 5,500 a 7,000 huevos por volumen de un litro.

La viabilidad de los huevos puede determinarse como el porcentaje de huevos que alcanzan cierta fase de desarrollo. Por ejemplo, la viabilidad puede medirse como el porcentaje de huevos que se desarrollan a un embrión eclosionado. La viabilidad alternativamente puede medirse como el porcentaje de huevos que alcanzan la fase de desarrollo de ojos visibles, la cual es la fase en la que los ojos oscuros son visibles a través de la membrana del huevo (lo que tiene lugar en promedio después de 20 a 50 días en visa silvestre).

Los huevos que se obtienen por el proceso de la invención tienen una alta probabilidad de desarrollarse con normalidad y de resultar en un embrión sano. De este modo, la viabilidad a la fase de ojos visibles ("huevos con ojos") puede ser de por lo menos aproximadamente 40%, por lo menos aproximadamente 50%, por lo menos aproximadamente 60%, por lo menos aproximadamente 70% o por lo menos aproximadamente 80%. La viabilidad en la fase de ojos visibles también puede encontrarse en el intervalo de aproximadamente 40% a aproximadamente 90%, aproximadamente 40% a aproximadamente 80%, aproximadamente 50% a aproximadamente 80%, aproximadamente 60% a aproximadamente 80% o aproximadamente 70% a aproximadamente 80%.

Los huevos que se recolectan, en concordancia con la invención, de preferencia tienen una supervivencia en la fase de ojos visibles que es de por lo menos 40%. De preferencia, sin embargo, los huevos tienen una supervivencia mayor en la fase
5 de ojos visibles, tal como una supervivencia que es de por lo menos 50%, por lo menos 60%, por lo menos 70% o por lo menos 80%. Los huevos pueden tener una supervivencia que se encuentra en el intervalo de aproximadamente 40% a aproximadamente 90%, tal como de aproximadamente 50% a aproximadamente 80%, o de
10 aproximadamente 60% a aproximadamente 80%.

Aún más, el proceso hace posible la producción de huevos, sin consideración a la estación. Al controlar simultáneamente la temperatura y el fotociclo, es posible hacer ajustes para que
15 estén disponibles peces en desove durante todo el año mientras, al mismo tiempo, se observan los criterios de peso crítico del salmón al final del primer ciclo vital después de la esmoltificación (primer verano), y se conserva la ATU por el siguiente período que incluye por lo menos un período invernal,
20 seguido por un período veraniego, dentro del intervalo que resulta en una producción óptima de huevos.

Por ejemplo, la temperatura dentro de cualquiera de las fases de ciclo vital puede ajustarse para incrementar/disminuir la
25 tasa de crecimiento. De preferencia, sin embargo, la temperatura en cualquier fase de ciclo vital no es mayor a aproximadamente 15 °C, la temperatura de crecimiento óptima para el salmón del Atlántico. En general, sin embargo, la temperatura dentro de cualquier período de ciclo vital puede
30 encontrarse en el intervalo de aproximadamente 2 °C a 18 °C, en el intervalo de aproximadamente 1 °C a 15 °C, en el intervalo

de aproximadamente 3 °C a 15 °C, en el intervalo de
aproximadamente 5 °C a 14 °C, en el intervalo de
aproximadamente 6 °C a 14 °C, en el intervalo de
aproximadamente 7 °C a 14 °C, en el intervalo de
5 aproximadamente 8 °C a 14 °C, en el intervalo de
aproximadamente 8 °C a 12 °C o en el intervalo de
aproximadamente 9 °C a 11 °C.

La temperatura en los diferentes ciclos vitales puede ser
10 idéntica o puede ser diferente. Puede ser preferible conservar
la temperatura en la fase de retención, donde el salmón maduro
espera para desovar, más baja que aquella en las fases previas
del ciclo vital. De este modo, la temperatura en la fase de
retención puede seleccionarse para que esté en el intervalo de
15 aproximadamente 1 °C a 8 °C, 2 °C a 8 °C, 3 °C a 8 °C, tal como
de aproximadamente 4 °C a 6°, o aproximadamente de 5 °C.

Los peces que no maduran en una sola ronda de período invierno-
verano que sigue a una primera fase veraniega (por ejemplo,
20 los peces que no maduran dentro del período invierno-verano
que sigue a un primer ciclo vital), pueden ser sujeto de una
segunda ronda de invierno-verano, es decir, una segunda ronda
de un período invierno-verano. Para este propósito, el salmón
que no ha madurado se retira de la fase de retención que sigue
25 al período invierno-verano, y se devuelve a estanques donde se
someterá a una segunda ronda de invierno-verano.

Por consiguiente, el proceso de la invención puede incluir una
etapa más de someter salmón, que no ha madurado en el tiempo
30 de la fase de retención, a una segunda ronda de un período
invierno-verano. Después de someterse a una segunda ronda de

este período, el salmón se mueve a una fase de retención para desovar.

El salmón que no ha madurado después de esta segunda ronda del
5 período invierno-verano puede descartarse o puede utilizarse para otro uso, tal como el consumo humano.

Breve descripción de los dibujos

10 El experto comprenderá que los dibujos, descritos a continuación, son solamente para propósitos de ilustración. Con los dibujos no se tiene la intención de limitar el alcance de las presentes enseñanzas de ninguna manera.

15 La Figura 1 muestra los cambios en el tamaño de hueva promedio (diámetro) en función de las Unidades Térmicas Acumuladas (ATU) durante la crianza de salmón, como se describe en este documento.

20 La Figura 2 muestra los cambios en la mortalidad de hueva promedio (fase de ojos visibles) en función de las Unidades Térmicas Acumuladas (ATU) durante la crianza de salmón, como se describe en este documento.

25 La Figura 3 muestra la mortalidad de huevos en función de las ATU durante el ciclo vital invernal del período invierno-verano para diferentes grupos de *Salmo salar*.

La Figura 4 muestra la mortalidad de huevos en función de las
30 ATU total durante el período invierno-verano para diferentes grupos de *Salmo salar*.

La Figura 5 muestra la mortalidad de huevos en función de las ATU durante el ciclo vital invernal del período invierno-verano para diferentes grupos de *Salmo salar*.

5 La Figura 6 muestra la mortalidad de huevos en función de las ATU durante el ciclo vital veraniego del período invierno-verano para diferentes grupos de *Salmo salar*.

La Figura 7 muestra la mortalidad de huevos en función de las
10 ATU total durante el período invierno-verano para diferentes grupos de *Salmo salar*.

La Figura 8 muestra el tamaño de huevo promedio (en unidades de huevos/l de volumen) durante el período invierno-verano para
15 diferentes grupos de *Salmo salar*.

Los atributos anteriores, junto con detalles adicionales de la invención, se describen además en los ejemplos a continuación, con los cuales se tiene la intención de ilustrar más la
20 invención, pero no se pretende limitar su alcance de ninguna manera.

En lo siguiente se describirán modalidades ejemplares de la invención, en referencia a las figuras. Estos ejemplos se
25 proveen para ofrecer una mayor comprensión de la invención, sin limitar su alcance.

En la siguiente descripción se describe una serie de etapas. El experto apreciará que, a menos que se requiera por el
30 contexto, el orden de las etapas no es crítico para la configuración resultante y su efecto. Aún más, será evidente

para el experto que, sin consideración al orden de las etapas, la presencia o ausencia de retardo temporal entre etapas puede presentarse entre parte o la totalidad de las etapas descritas. La presente invención se refiere a un proceso mejorado para la producción y recolección de huevos de peces de salmón del Atlántico. El proceso se basa en la optimización de ciertos parámetros del proceso de cultivo, en particular en el descubrimiento de que, durante un período invierno-verano durante la crianza, la Unidad de Temperatura Acumulada (ATU), a la que el salmón adulto se expone, debe estar dentro de cierto intervalo para una óptima producción y calidad de huevos.

Durante el período invierno-verano tiene lugar el desarrollo de huevos en los ovarios, y las condiciones durante esta fase de maduración son por lo tanto importantes para la producción de huevos viables sanos. Si el salmón se deja crecer y desarrollarse por demasiado tiempo (la ATU durante el invierno/verano simulado, después de un período veraniego prolongado, se encuentra sobre cierto límite), los huevos no son viables. De este modo se ha encontrado, como se ejemplifica en los ejemplos a continuación, que la calidad de huevos mejora con la ATU hasta cierto punto mientras, en una ATU muy alta, la calidad de los huevos (tamaño, mortalidad) se deteriora.

Ejemplos

Los siguientes ejemplos experimentales no limitantes describen hallazgos que ilustran ciertos beneficios de la invención.

Se crió salmón del Atlántico esmoltificado bajo condiciones veraniegas (exposición a luz, provista por iluminación fluorescente de interiores, típicamente 22 horas en cada ciclo de 24 horas) y posteriormente se movió a estanques de 300 m³ con un peso promedio de aproximadamente 4 kg. Los estanques de crianza eran terrestres y estaban dentro de alojamientos sin posibilidad de que la luz solar penetrara en los alojamientos. Después de la transferencia, los peces se situaron en un período invernal con fotoperíodo, salinidad y temperatura como se describe arriba. Típicamente, la exposición a luz durante el invierno fue de aproximadamente 8 horas en cada ciclo de 24 horas, la temperatura del agua estuvo en el intervalo de 10 a 12 °C, y la salinidad cerca o ligeramente menor a la del agua de mar (típicamente dentro de aproximadamente 26 a 35 g/l). Los peces se alimentaron a saciedad durante el período invernal. Al terminar el período invernal, donde una proporción de peces había procedido a la maduración sexual, el comienzo del verano se estableció en los estanques/alojamiento durante un período determinado de luz (exposición a luz, típicamente 22 horas en cada ciclo de 24 horas), temperatura (aproximadamente 10 a 12 °C) y salinidad, como se describe arriba. Al finalizar el período veraniego, el comienzo del invierno se estableció como se describe arriba con el fotoperíodo, la temperatura y salinidad, para finalizar el proceso de desove, hasta que los huevos maduros se retiraron (recolectaron) de cada hembra.

Ejemplo 1

Se criaron cepas de *Salmo salar* en estanques cerrados de agua dulce en Kollafjordur, Islandia.

Después de la esmoltificación, los esguines se criaron posteriormente en dos ubicaciones, Kalmanstjorn y Vogavik (Islandia). La crianza se realizó en estanques terrestres circulantes, utilizando agua del área alrededor.

5

Cada grupo contenía inicialmente un promedio de aproximadamente 2000 peces esmoltificados, criados en dos estanques, y los resultados se indican para el promedio de cada grupo.

10 Durante la crianza, los parámetros (temperatura y tiempo) durante el primer período invernal simulado que sigue a la esmoltificación se variaron, mientras se mantenían otras condiciones relativamente constantes para el verano e invierno simulados subsecuentes, hasta que los huevos se recolectaron.

15

Tabla 1. Resumen de lotes de crianza de salmón.

Grupo	Invierno 1 ATU	Invierno 1 semana	Verano 1 ATU	Verano 1 semana 2 semanas	Invierno	Peso al entrar a invierno 1	Maduración porcentual	Peso a la recolección (kg)	Concentración de hueva (conteo/l)	Díámetro de hueva (mm)	Mortalidad de hueva	ATU total	Semanas totales
K11-2b1	1330	20	882	12	10	5	61%	9.5	6.577	5,71	20,7%	2212	42
V11-1a1	1764	28	870	12	11	4,4	73%	8.1	6.528	5,72	26,65%	2634	51
V11-1b1	2382	41	670	12	10	4,4	88%	10	6.580	5,71	33,56%	3052	63
V12-1a2	2424	38	935	12	9	8,5	79%	12.3	5.573	6,03	27,87%	3359	59
K12-1b1	2719	37	882	12	10	4,8	50%	9.5	5.802	5,95	23,41%	3601	59
K11-1b1	3160	43	882	12	8	5	97%	9	5.777	5,96	35,10%	4042	63
K11-1c1	4116	56	514	7	0	5	86%	9	5.783	5,96	46,85%	4630	63

Los resultados se resumen en la Tabla 1. Como puede observarse, a una ATU muy alta, la mortalidad de hueva se incrementa muy bruscamente, lo cual invalida el incremento en el tamaño de hueva que es evidente con la ATU incrementada.

Ejemplo 2

Para investigar más acerca de los efectos de la ATU sobre la calidad de hueva, se analizaron los resultados de la crianza de un total de 62 grupos de *Salmo salar*, obtenidos durante un período de varios años. Los grupos se criaron bajo las condiciones que se describen arriba. Con base en mediciones del número de hueva por unidad de volumen (l), se calculó el diámetro de hueva promedio, asumiendo una hueva esférica de tamaño uniforme.

10 Como puede observarse en la Figura 1, hay una clara y fuerte correlación entre el tamaño de hueva promedio y la ATU, hasta aproximadamente 4000 ATU. Sin embargo, hay sólo un sutil incremento en la mortalidad de hueva promedio en este intervalo de ATU, como se ilustra en la Figura 2.

15

A muy alta ATU, sin embargo, el tamaño de hueva promedio se nivela. Simultáneamente, la mortalidad de la hueva aumenta, lo que indica que hay un límite superior para la ATU para obtener hueva de alta calidad.

20

Estos experimentos ilustran que, para una recolección de hueva óptima que combine alta calidad (tamaño) y baja mortalidad de hueva, la ATU debe mantenerse dentro de cierto intervalo. Es particularmente importante evitar una ATU muy alta, dado que la calidad de hueva se deteriora abruptamente con una ATU muy alta.

25

Ejemplo 3

30

Se analizó un total de 46 grupos de salmón criado en dos estaciones en Islandia (Kalmanstjorn y Vogavik), para

determinar el tamaño y mortalidad de huevos, incluyendo un total de 324 lotes.

Las condiciones de crianza fueron como se describe bajo el
5 Ejemplo 1. El salmón se esmoltificó y se crió posteriormente a un tamaño promedio de aproximadamente 4 kg por pez en condiciones veraniegas simuladas (promedio de aproximadamente 22 horas de exposición a luz cada 24 horas) antes de comenzar el período invierno-verano, durante el cual la exposición a
10 luz promedio fue de aproximadamente 8 horas (invierno) y 22 horas (verano), respectivamente.

La mortalidad se valoró en la fase de ojos visibles (promedio en período de incubación de ATU de los huevos). El tamaño de
15 huevo se determinó como el número total de huevos por litro de volumen.

Se analizó un total de 238 millones de huevos. Los datos se analizaron al utilizar el programa RStudio. La normalidad y
20 homogeneidad de la varianza se determinó por la prueba de Shapiro-Wilk ($P > 0.05$). Después de aceptar la distribución normal de los datos, se utilizó ANOVA unidireccional para probar la significatividad de las diferencias en la mortalidad de los grupos en las diferentes UTA. La prueba de Tukey se
25 utilizó para todas las comparaciones *post-hoc*. La correlación se analizó por una regresión polinomial cúbica (regresión lineal). Los datos resultantes se muestran en las Figuras 5 a 8.

30 Resultados

En la Figura 3 se muestra la mortalidad en función de las ATU durante el ciclo vital invernal del período invierno-verano. Hay un claro descenso en la mortalidad entre aproximadamente 1,800 y 2,200 ATU, debajo y arriba de la cual aumenta la mortalidad. Esto sugiere una importante contribución del ciclo vital invernal al efecto de ATU total durante el período invierno-verano.

La Figura 4 muestra la mortalidad para el período invierno-verano total. Hay una disminución en la mortalidad entre aproximadamente 2,500 ATU y 3,100 ATU, con una mortalidad incrementada observada debajo y arriba de este intervalo.

En las Figuras 5 a 7, los datos se muestran junto con los resultados en un análisis de regresión no lineal, donde el área gris indica intervalos de confianza del 95%. Los datos en la Figura 5 muestran un claro incremento en la mortalidad con la ATU incrementada para el ciclo vital invernal del período invierno-verano, en particular por arriba de aproximadamente 2,600 ATU. El efecto de ATU durante el ciclo vital veraniego (ver Figura 6) es menos dramático, donde el efecto principal se observa con ATU de menos de aproximadamente 800 ATU. El efecto total se muestra en la Figura 7, que muestra un incremento estable en la mortalidad, en particular por arriba de aproximadamente 3,500 ATU y, en particular, la mortalidad se incrementa dramáticamente por arriba de aproximadamente 4,000 ATU.

El efecto correspondiente sobre el tamaño de huevo se muestra en la Figura 8, donde el tamaño de huevo se muestra como el número de huevos por litro de volumen. Como se esperaba, hay

un incremento en el tamaño de huevo promedio con el tiempo de crianza (ATU incrementada) pero sólo hasta un límite y, de este modo, el efecto se nivela a alrededor de 4,000 ATU, sin incremento e incluso disminución por arriba de este límite,
 5 una indicación de una viabilidad de huevos cada vez más deficiente.

Estos resultados muestran claramente que hay un intervalo de ATU del período invierno-verano de la crianza de salmón, que
 10 resulta en la producción de huevos de salmón con una calidad óptima (tamaño y mortalidad).

Modalidades

15 Las modalidades particulares de la invención se establecen en las siguientes cláusulas:

1. Un proceso para la recolección de huevos de peces, que comprende:
 - 20 - proveer una población de reproductores que comprende peces sexualmente inmaduros esmoltificados de por lo menos una cepa de *Salmo salar*;
 - criar la población de reproductores en un entorno acuático que comprende un medio acuático que es
 25 adecuado para sostener la vida de la población de reproductores, de modo tal que proceda a la maduración, en donde la crianza se realiza en fases de ciclo vital, y en donde se ajusta por lo menos la exposición a luz y el lapso de tiempo de cada fase de ciclo vital, por
 30 lo que:

- o en una primera fase de ciclo vital, la población de reproductores se expone a fotociclos que simulan una exposición a luz veraniega, por lo que, al final de la fase de ciclo vital, el peso promedio de la población de reproductores es de por lo menos 1 kg;
- o en un período que sigue al primer ciclo vital y que incluye por lo menos una segunda fase de ciclo vital, dentro de la cual la población de reproductores se expone a luz que simula una exposición a luz invernal, y una tercera fase de ciclo vital subsecuente, dentro de la cual la población de reproductores se expone a luz que simula una exposición a luz veraniega, la Unidad Térmica Acumulada (ATU) total no es de más de 5000;
- o en una fase de retención que sigue a todas las fases previas, la población de reproductores se expone a fotociclos que simulan una exposición a luz invernal y se mantiene en esas condiciones hasta que la población de reproductores ha madurado para desovar;

y

- recolectar huevos de peces maduros.

2. El proceso de la cláusula precedente 1, en donde la población de reproductores, antes de la segunda fase de ciclo vital, ha alcanzado un peso que es de aproximadamente 2 kg o más, de preferencia de aproximadamente 3 kg o más, incluso con mayor preferencia de aproximadamente 4 kg o más.

3. El proceso de la cláusula 1 o cláusula 2, en donde la población de reproductores ha alcanzado un peso de aproximadamente 4 kg antes de la segunda fase de ciclo vital.

5

4. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 3, en donde las condiciones de luz veraniega simulada comprenden la exposición a luz por al menos 12 horas en cada período de 24 horas.

10

5. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 4, en donde las condiciones de luz invernal simulada comprenden la exposición a luz durante menos de 12 horas en cada período de 24 horas.

15

6. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 5, en donde la ATU total, en el período que sigue al primer ciclo vital, se encuentra en el intervalo de aproximadamente 2,500 ATU a aproximadamente 4,900 ATU, con mayor preferencia en el intervalo de aproximadamente 2,500 ATU a aproximadamente 4,800 ATU, incluso con mayor preferencia en el intervalo de aproximadamente 2,800 ATU a aproximadamente 4,600 ATU.

20

25

7. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 6, en donde el medio acuático, en cualquiera de las fases de ciclo vital, tiene una salinidad que se encuentra en el intervalo de aproximadamente 0 a aproximadamente 35,000 ppm, tal como en el intervalo de aproximadamente 10,000 a aproximadamente 35,000 ppm, tal como en el intervalo de aproximadamente 20,000 a aproximadamente 35,000 ppm.

30

8. El proceso de la cláusula precedente 7, en donde el medio acuático, en cualquiera de las fases de ciclo vital, tiene una salinidad que se encuentra en el intervalo de aproximadamente 24,000 a aproximadamente 28,000 ppm.

5

9. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 8, en donde el entorno acuícola comprende un sistema acuícola recirculante.

10

10. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 9, en donde el entorno acuícola comprende un sistema acuícola cerrado.

15

11. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 10, en donde el entorno acuícola es terrestre.

20

12. El proceso de la cláusula precedente 11, en donde el entorno acuícola comprende por lo menos un estanque de flujo corriente.

25

13. El proceso de cualquiera de las dos cláusulas precedentes 11 a 12, en donde el entorno terrestre comprende dos o más estanques, y en donde los peces que maduran más allá de la primera fase de ciclo vital se someten a maduración posterior en por lo menos un segundo estanque que es diferente al primer estanque.

30

14. El proceso de cualquiera de las dos cláusulas precedentes 12 a 13, en donde la primera fase de ciclo vital, el período que incluye por lo menos una segunda y tercera fases de ciclo vital, y la fase de retención, se realizan cada uno en estanques separados.

15. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 14, en donde la fase de retención se realiza en medio acuático que tiene una salinidad que es de menos de 3,000 ppm.

5

16. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 15, en donde el entorno cerrado comprende por lo menos una jaula marina.

10

17. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 16, en donde la temperatura del agua, en cualquiera de las fases de ciclo vital, se mantiene con un intervalo de aproximadamente 2 a aproximadamente 18 °C, de preferencia en el intervalo de aproximadamente 3 °C a aproximadamente 15 °C.

15

18. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 17, en donde el período de la primera fase es de por lo menos 8 semanas.

20

19. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 18, en donde el período de la segunda fase es de por lo menos 5 semanas.

25

20. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 19, en donde el período de la tercera fase es de por lo menos 2 semanas.

30

21. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 20, en donde el período de la segunda y tercera fases combinadas es de por lo menos 7 semanas.

22. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 21, en donde el período de la fase de retención se encuentra en el intervalo de 5 a aproximadamente 30 semanas.

5

23. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 22, en donde la exposición a luz, dentro de cada período de fotociclo, es continua.

10

24. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 23, en donde la exposición a luz, durante la exposición a luz veraniega simulada, constituye la exposición del medio acuático a luz natural y/o artificial en el intervalo visible que, en promedio, es de por lo menos 0.010 W/m², con mayor preferencia de por lo menos 0.012 W/m², de por lo menos 0.014 W/m² o de por lo menos 0.016 W/m².

15

20

25. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 24, en donde la exposición a luz, durante la exposición a luz invernal simulada, constituye la exposición del medio acuático a luz natural y/o artificial en el intervalo visible que, en promedio, es de menos de 0.010 W/m², de preferencia de menos de 0.005 W/m², de menos de 0.004 W/m², de menos de 0.003 W/m², de menos de 0.002 W/m² o de menos de 0.001 W/m².

25

30

26. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 25, en donde el cambio entre condiciones de luz de diferentes fases se realiza instantáneamente.

27. El proceso de cualquiera de las cláusulas 1 a 24, en donde el cambio entre condiciones de luz de diferentes fases se realiza gradualmente.

5 28. El proceso de la cláusula previa 27, en donde el cambio entre condiciones de luz se realiza durante un período de 1 día a 4 semanas.

10 29. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 28, en donde los huevos recolectados tienen una supervivencia en la fase de ojos visibles de por lo menos 40%.

15 30. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 29, en donde los huevos recolectados tienen una supervivencia en la fase de ojos visibles de por lo menos 50%.

20 31. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 30, en donde los huevos recolectados tienen una supervivencia en la fase de ojos visibles de por lo menos 60%.

25 32. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 31, en donde los huevos recolectados tienen una supervivencia en la fase de ojos visibles de por lo menos 70%.

30 33. El proceso de cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 32, en donde los huevos recolectados tienen un diámetro promedio de por lo menos 3 mm, de preferencia de por lo menos 4 mm, incluso con mayor preferencia de por lo menos 5 mm.

34. Huevos de *Salmo salar* producidos por un proceso como se establece en cualquiera de las cláusulas precedentes 1 a 33.

5 Como se utiliza en este documento, incluyendo en las reivindicaciones, debe interpretarse que las formas en singular de los términos también incluyen la forma en plural y viceversa, a menos que el contexto lo indique de otro modo. De este modo debe advertirse que, como se utilizan en este
10 documento, las formas en singular "un", "una" y "el/la" incluyen referencias en plural, a menos que el contexto lo dicte claramente de otro modo.

En toda la descripción y reivindicaciones, los términos
15 "comprenden", "que incluye", "que tiene" y "contienen", y sus variaciones, deben entenderse con el significado "incluyendo, pero sin limitarse a", y no tienen la intención de excluir otros componentes.

20 La presente invención también cubre los términos, atributos, valores e intervalos exactos, etc., en caso de que estos términos, atributos, valores e intervalos, etc., se utilicen en conjunto con términos tales como aproximadamente, alrededor, generalmente, sustancialmente, esencialmente, por lo menos,
25 etc. (es decir, "aproximadamente 3" también cubrirá exactamente 3, o "sustancialmente constante" también cubrirá exactamente constante).

Se entenderá que el término "por lo menos uno" significa "uno
30 o más" y, por lo tanto, incluye ambas modalidades que incluyen uno o múltiples componentes. Aún más, las reivindicaciones

dependientes que se refieren a reivindicaciones independientes que describen atributos con "por lo menos uno" tienen el mismo significado, cuando el atributo se refiere como "el/la" y "el o los".

5

Se apreciará que pueden hacerse variaciones a las modalidades precedentes de la invención, mientras aún se sitúen dentro del alcance de la invención, sin dejar de estar dentro del alcance de la invención. Los atributos dados a conocer en la especificación, a menos que se indique de otro modo, pueden reemplazarse por atributos alternativos que tengan el mismo propósito, equivalente o similar. De esta manera, a menos que se indique de otro modo, cada atributo dado a conocer representa un ejemplo de una serie genérica de atributos equivalentes o similares.

El uso de lenguaje ejemplar, tal como "por ejemplo", "tales como", y similares, pretende meramente ilustrar mejor la invención y no indica una limitación sobre el alcance de la invención, a menos que así se reclame. Cualquier etapa descrita en la especificación puede realizarse en cualquier orden o simultáneamente, a menos que el contexto lo indique claramente de otro modo.

La totalidad de los atributos y/o etapas dadas a conocer en la especificación puede combinarse en cualquier combinación, excepto por combinaciones donde por lo menos parte de los atributos y/o etapas sean mutuamente exclusivas. En particular, los atributos preferidos de la invención son aplicables a todos los aspectos de la invención, y pueden utilizarse en cualquier combinación.

Reivindicaciones

1. Un proceso para la recolección de huevos de peces, que comprende:

- 5 - proveer una población de reproductores que comprende peces sexualmente inmaduros de por lo menos una cepa de *Salmo salar*;
- 10 - criar la población de reproductores en un entorno acuático que comprende un medio acuático que es adecuado para sostener la vida de la población de reproductores de modo tal que proceda a la maduración, en donde la crianza se realiza en las fases de ciclo vital durante las cuales se ajusta por lo menos la exposición a la luz y el lapso de tiempo de cada fase
- 15 de ciclo vital, en donde la crianza incluye por lo menos un período invierno-verano que comprende una fase de ciclo vital invernal, dentro de la cual la población de reproductores se expone a la luz que simula la exposición a luz invernal, y una fase de ciclo vital
- 20 veraniego subsecuente, dentro de la cual la población de reproductores se expone a luz que simula una exposición a luz veraniega, en donde la Unidad Térmica Acumulada (ATU) total durante el período invierno-verano no es de más de 5000; y
- 25 - recolectar huevos de peces maduros.

2. El proceso de conformidad con la reivindicación 1, en donde, durante el período invierno-verano, la fase de ciclo vital veraniego sigue inmediatamente a la fase de ciclo vital invernal.

30

3. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones previas, en donde la crianza comprende por lo menos una fase de ciclo vital veraniego adicional que precede al período invierno-verano.

5

4. El proceso de conformidad con la reivindicación previa, en donde la crianza comprende por lo menos una fase de ciclo vital invernal adicional que precede a la o a las fases de ciclo vital veraniego adicionales, y en donde
10 dos cualesquiera de estas fases de ciclo vital invernal adicionales, cuando se presentan, se conectan por una fase de ciclo vital veraniego.

5. El proceso de conformidad con cualquiera de las
15 reivindicaciones previas, en donde, antes del período invierno-verano, la población de reproductores se ha dejado crecer de modo tal que el peso promedio de la población de reproductores es de por lo menos 50 g por pez, de preferencia por lo menos 100 g por pez, con mayor
20 preferencia por lo menos 200 g por pez, con mayor preferencia por lo menos 300 g por pez, con mayor preferencia por lo menos 500 g por pez, con mayor preferencia por lo menos 1000 g por pez, con mayor preferencia por lo menos 2000 g por pez, incluso con mayor
25 preferencia por lo menos 3000 g por pez e incluso con mayor preferencia por lo menos 4000 g por pez.

6. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones previas, en donde, antes de la
30 recolección, los peces se mantienen en una fase de retención durante la cual los peces maduros se exponen a

una exposición de luz invernal hasta que los peces hayan madurado para desovar.

7. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones previas, en donde, antes del período invierno-verano, la población de reproductores se ha esmoltificado.

8. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones previas, en donde la exposición a luz veraniega simulada y/o exposición invernal simulada comprende simular condiciones de luz ambiental durante el verano y/o invierno.

9. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la exposición a luz veraniega simulada comprende la exposición a luz por un promedio de por lo menos 12 horas en cada período de 24 horas.

10. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la exposición a luz invernal simulada comprende la exposición a luz por un promedio que es de menos de 12 horas en cada período de 24 horas.

11. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la exposición a luz, dentro de cada período de ciclo vital, es continua.

12. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la exposición a luz constituye la exposición del medio acuático a luz

natural y/o artificial en el intervalo visible que, en promedio, es de por lo menos 0.010 W/m^2 , con mayor preferencia de por lo menos 0.012 W/m^2 , de por lo menos 0.014 W/m^2 o de por lo menos 0.016 W/m^2 .

5

13. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde un cambio entre las condiciones de luz, de luz a oscuridad o viceversa, dentro de las fases de ciclo vital, se realiza instantáneamente.

10

14. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones, en donde el cambio entre condiciones de luz se realiza gradualmente.

15

15. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones previas, en donde el cambio entre condiciones de luz dentro de las fases de ciclo vital se realiza durante un período que se encuentra en el intervalo de 1 día a 4 semanas.

20

16. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la ATU total, durante el período invierno-verano, se encuentra en el intervalo de aproximadamente 2,500 ATU a aproximadamente 4,900 ATU, en el intervalo de aproximadamente 2,500 ATU a aproximadamente 4,500 ATU, en el intervalo de aproximadamente 2,500 ATU a aproximadamente 4,000 ATU, en el intervalo de aproximadamente 2,500 a aproximadamente 3,500 ATU, en el intervalo de aproximadamente 3,000 a 3,500 ATU o en el intervalo de aproximadamente 2,500 a aproximadamente 3,100 ATU.

25

30

17. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el medio acuático, en cualquiera de las fases de ciclo vital, tiene una salinidad que se encuentra en el intervalo de aproximadamente 0 a aproximadamente 35,000 ppm, tal como en el intervalo de aproximadamente 10,000 a aproximadamente 35,000 ppm, tal como en el intervalo de aproximadamente 20,000 a aproximadamente 35,000 ppm.
18. El proceso de conformidad con la reivindicación precedente, en donde el medio acuático, en cualquiera de las fases de ciclo vital, tiene una salinidad que se encuentra en el intervalo de aproximadamente 24,000 a aproximadamente 28,000 ppm.
19. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el entorno acuícola comprende un sistema acuícola recirculante.
20. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el entorno acuícola comprende un sistema acuícola cerrado.
21. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el entorno acuícola es terrestre.
22. El proceso de conformidad con la reivindicación precedente, en donde el entorno acuícola comprende por lo menos un estanque de flujo corriente.
23. El proceso de conformidad con cualquiera de las dos reivindicaciones precedentes, en donde el entorno

terrestre comprende dos o más estanques, y en donde los peces se crían a un tamaño predefinido antes de una crianza posterior que incluye el período invierno-verano en por lo menos un segundo estanque que es diferente al primer estanque.

24. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 20, en donde el entorno acuático comprende por lo menos una jaula marina o un estanque marino.

25. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 6 a 24, en donde la fase de retención se realiza en medio acuático que tiene una salinidad que es de menos de 3,000 ppm.

26. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la temperatura del agua, en cualquiera de las fases de ciclo vital, se mantiene con un intervalo de aproximadamente 1 °C a aproximadamente 18 °C, de preferencia en el intervalo de aproximadamente 3 °C a aproximadamente 15 °C.

27. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la temperatura del agua, durante el período invierno-verano, se encuentra en el intervalo de aproximadamente 8 °C a aproximadamente 15 °C.

28. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el período invierno-verano se encuentra en el intervalo de

aproximadamente 40 a 50 semanas, de aproximadamente 40 a 47 semanas o de aproximadamente 42 a 47 semanas.

29. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el ciclo vital invernial del período invierno-verano se encuentra en el intervalo de aproximadamente 16 a 50 semanas, en el intervalo de 20 a 40 semanas, en el intervalo de aproximadamente 25 a 35 semanas o de aproximadamente 29 a 33 semanas.

30. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el ciclo vital veraniego, del período invierno-verano, se encuentra en el intervalo de aproximadamente 6 a 20 semanas, en el intervalo de aproximadamente 8 a 20 semanas, en el intervalo de aproximadamente 10 a 18 semanas, en el intervalo de aproximadamente 12 a 16 semanas, en el intervalo de aproximadamente 13 a 15 semanas, o en aproximadamente 14 semanas.

31. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes 6 a 30, en donde el período de la fase de retención se encuentra en el intervalo de 5 a aproximadamente 30 semanas.

32. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los huevos recolectados tienen una supervivencia en la fase de ojos visibles de por lo menos 40%.

33. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los huevos

recolectados tienen una supervivencia en la fase de ojos visibles de por lo menos 50%.

34. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los huevos recolectados tienen una supervivencia en la fase de ojos visibles de por lo menos 60%.

35. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los huevos recolectados tienen una supervivencia en la fase de ojos visibles de por lo menos 70%.

36. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los huevos recolectados tienen un diámetro promedio de por lo menos 3 mm, de preferencia de por lo menos 4 mm, incluso con mayor preferencia de por lo menos 5 mm.

37. Huevos de *Salmo salar* producidos por un proceso como se establece en cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 36.

38. Un proceso de crianza de *Salmo salar*, como se establece en cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 36.

Resumen

Se provee un proceso para recolectar huevos de peces, en particular huevos de peces de salmón. El proceso comprende
5 criar salmón sexualmente inmaduro en un entorno acuático, en fases durante las cuales se ajusta por lo menos la exposición a luz y el lapso de tiempo. La crianza incluye por lo menos un período invierno-verano que comprende una fase de ciclo vital invernial, dentro de la cual la población de reproductores se
10 expone a luz que simula una exposición a luz invernial, y una fase de ciclo vital veraniego subsecuente, dentro de la cual la población de reproductores se expone a luz que simula una exposición a luz veraniega, en donde la Unidad Térmica Acumulada (ATU) total, durante el período invierno-verano, no
15 es de más de 5000. La invención también provee huevos de salmón que se producen por el proceso dado a conocer.

20

25

30

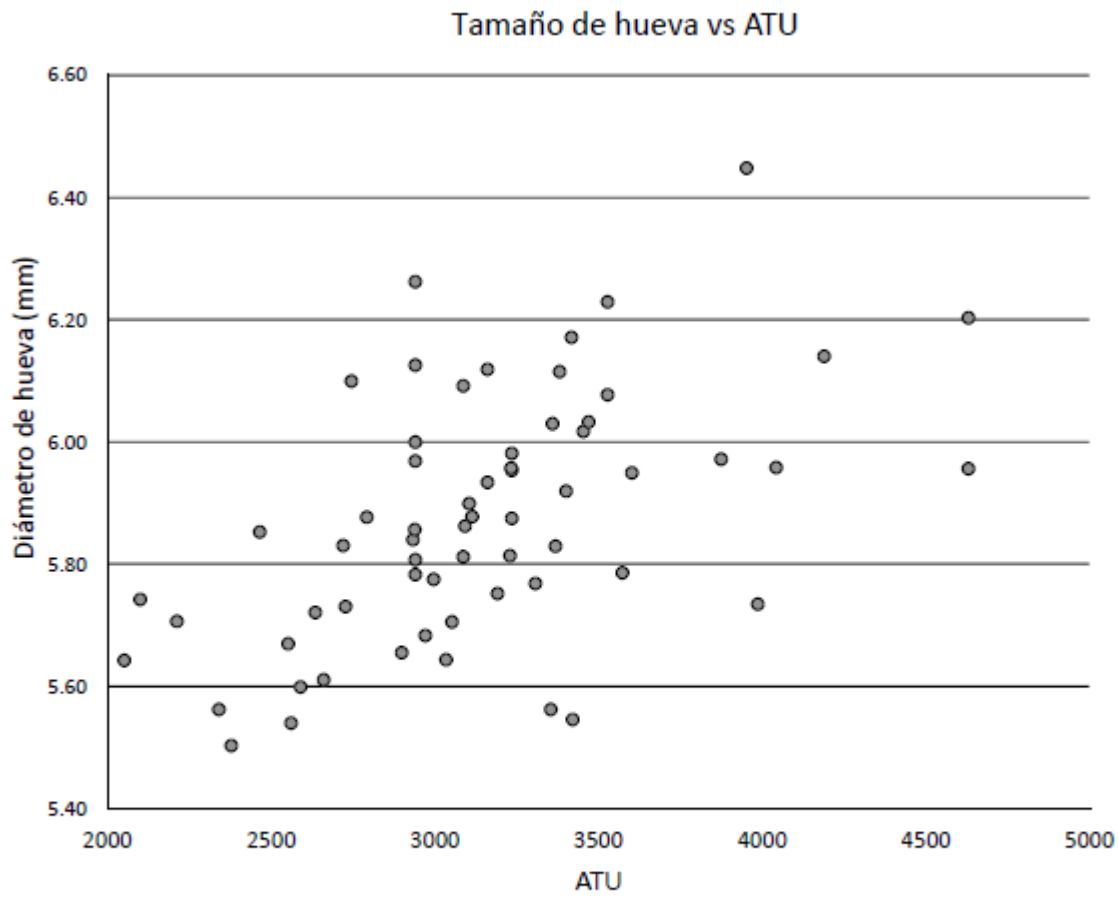


FIG. 1

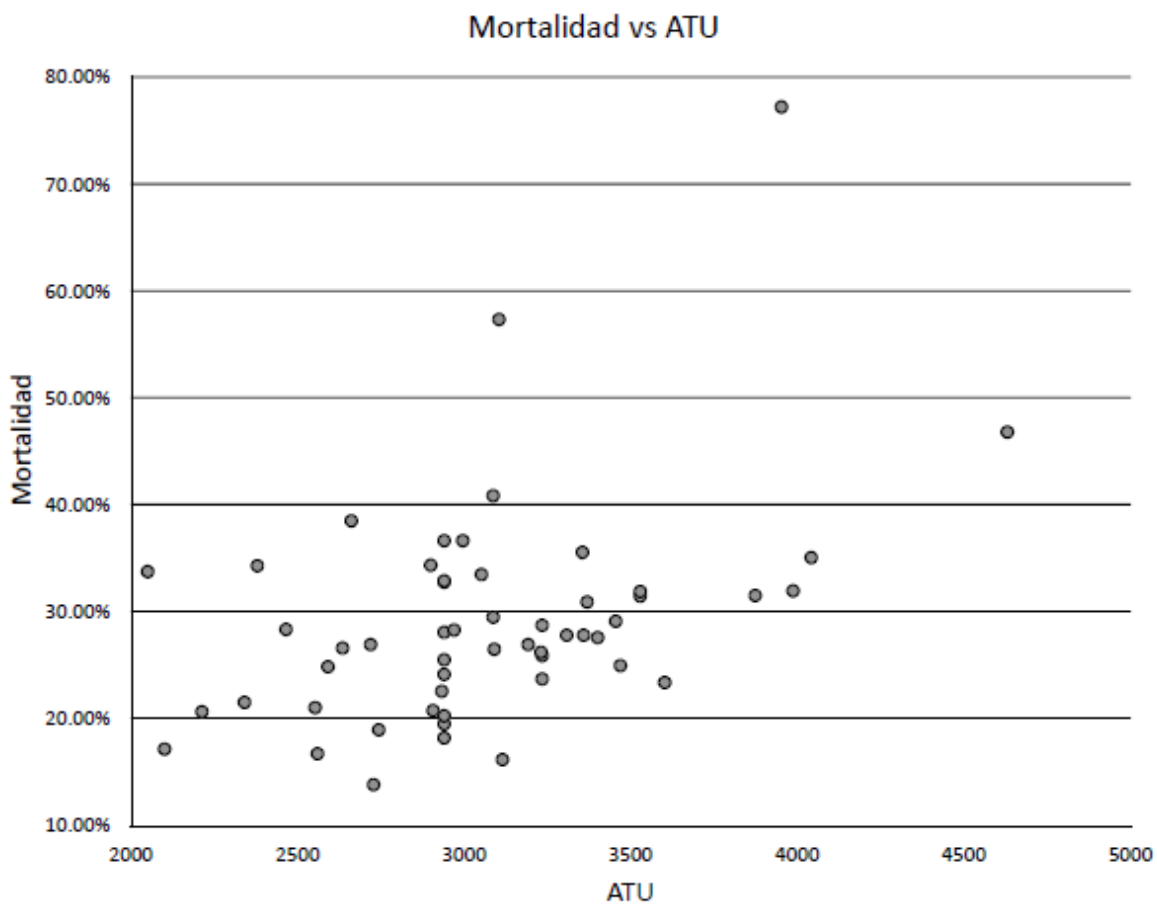
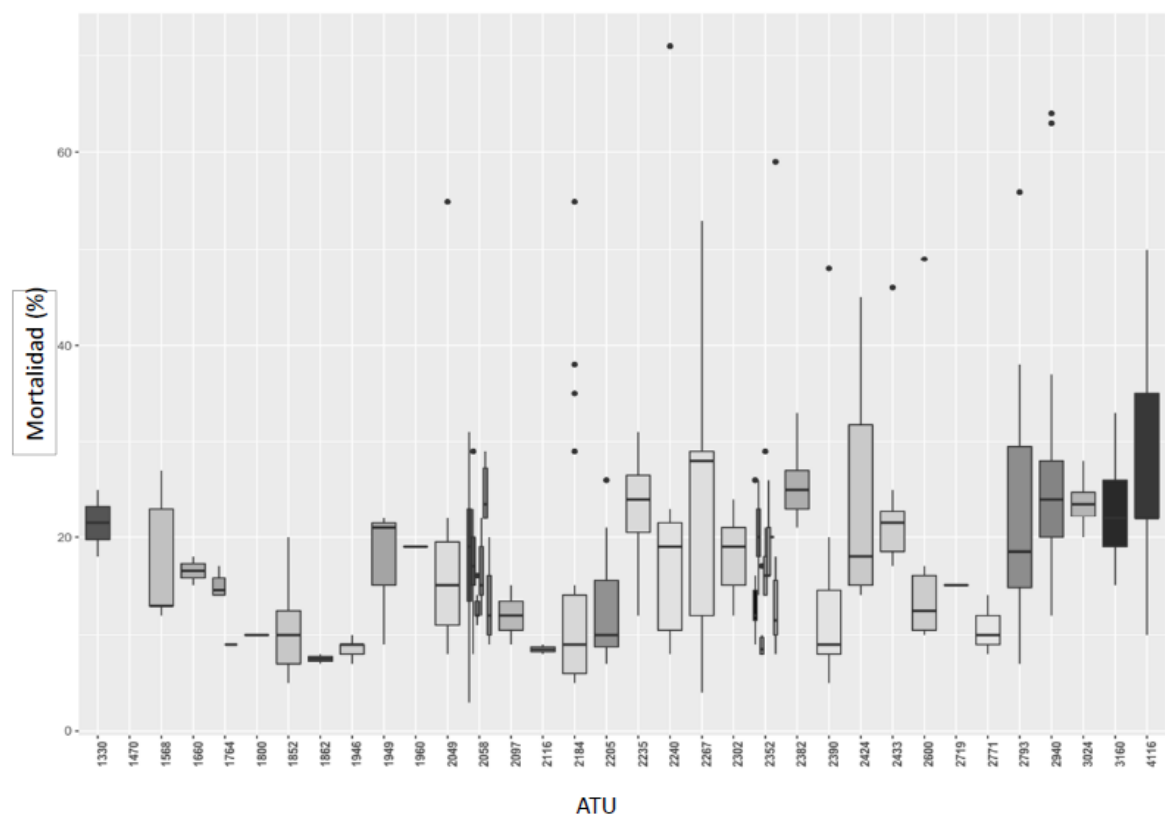
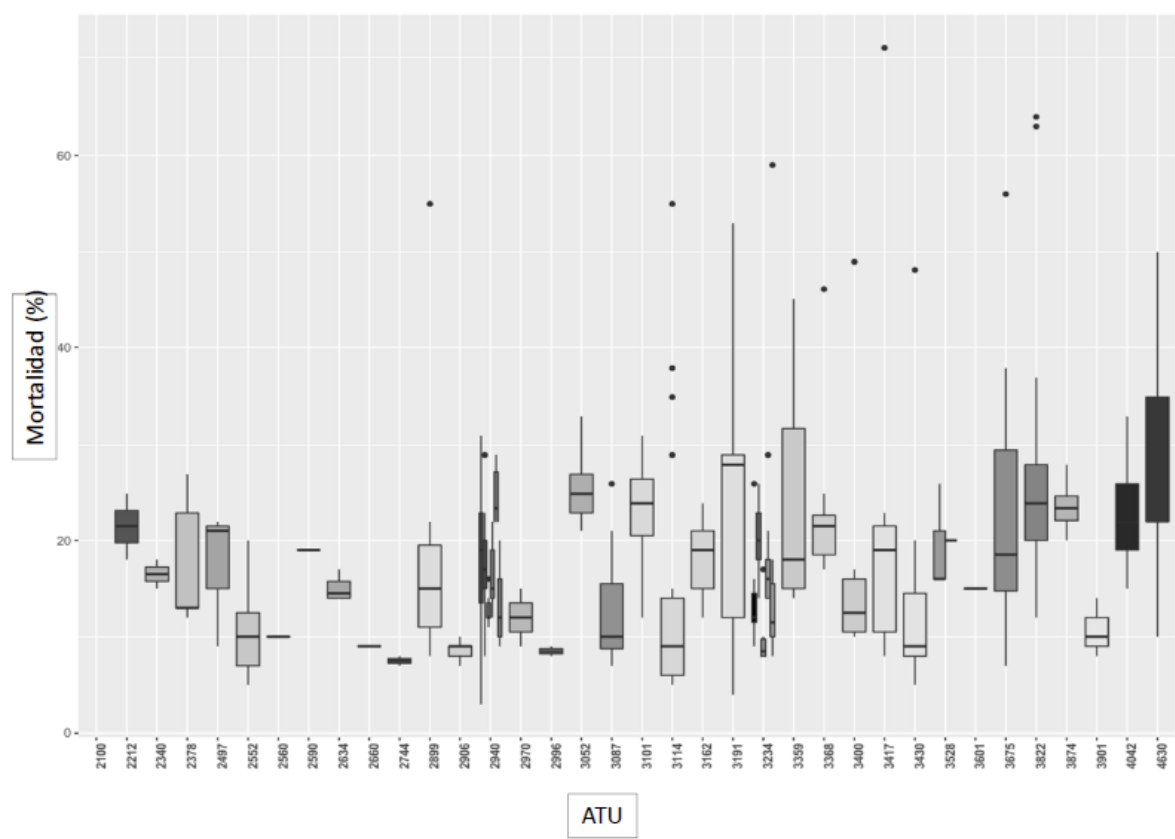


FIG. 2



ATU

FIG. 3



ATU

FIG. 4

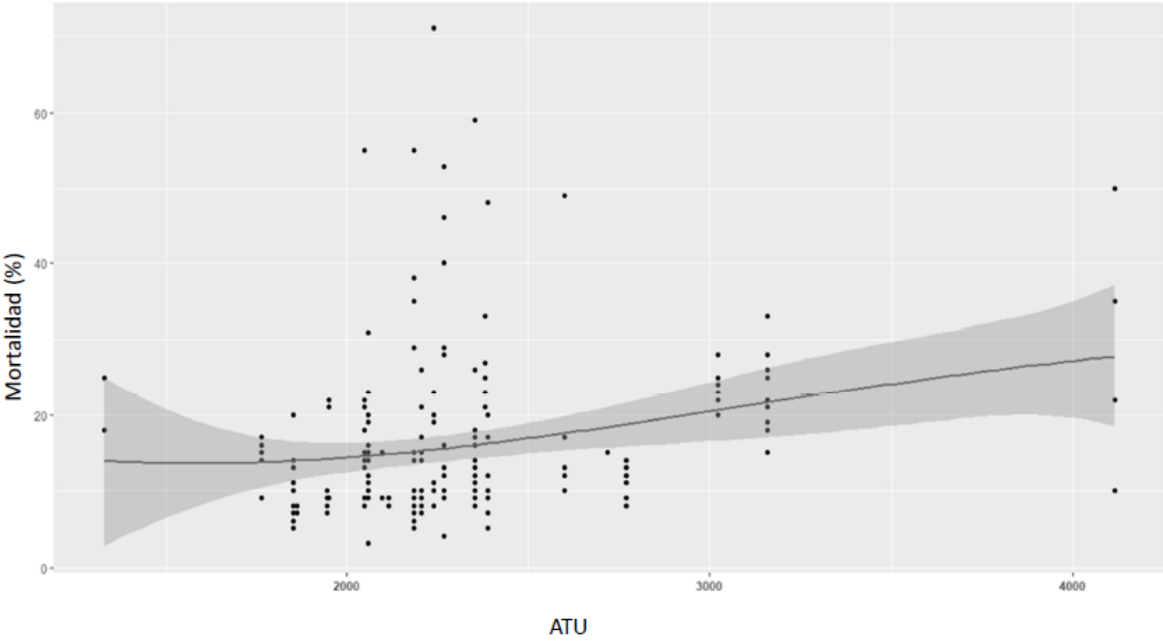


FIG. 5

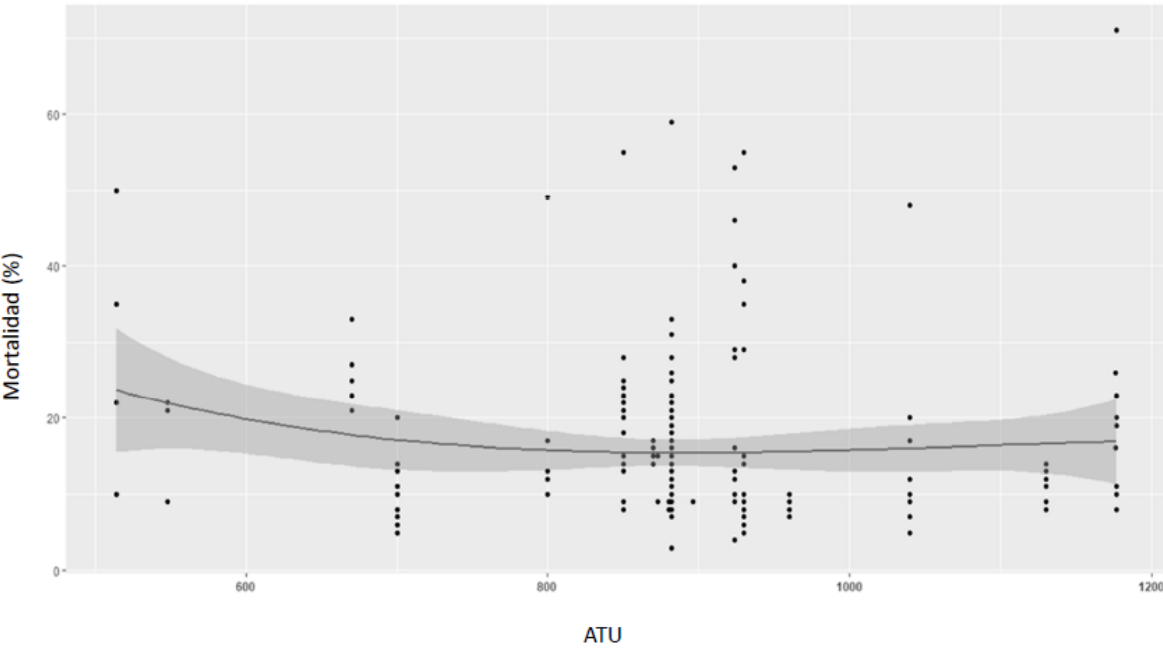


FIG. 6

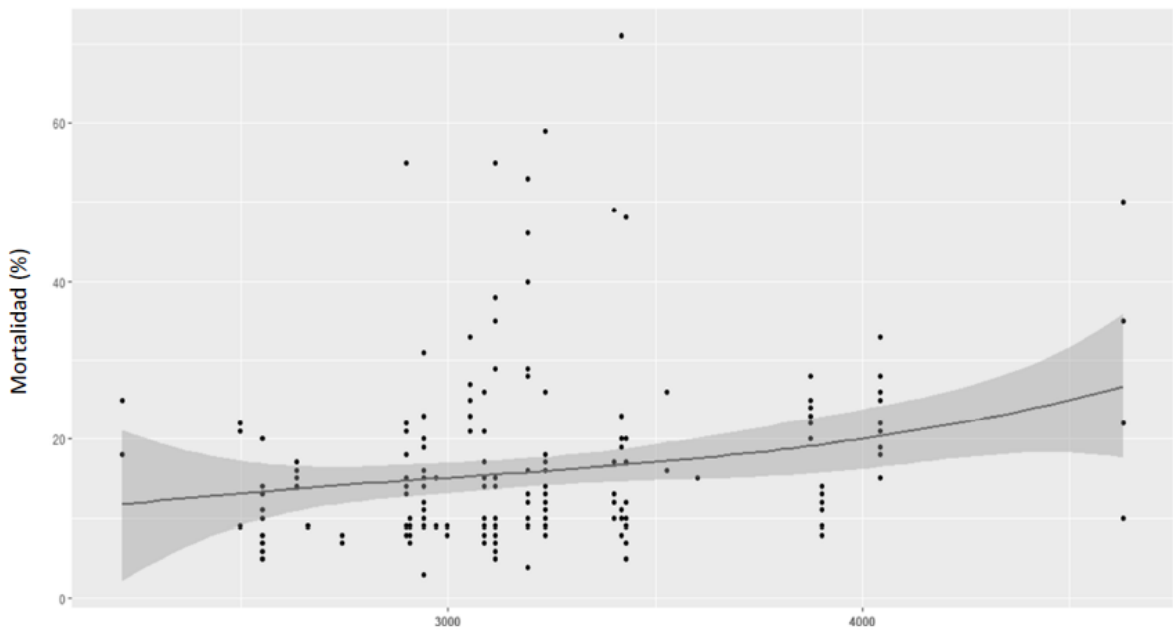
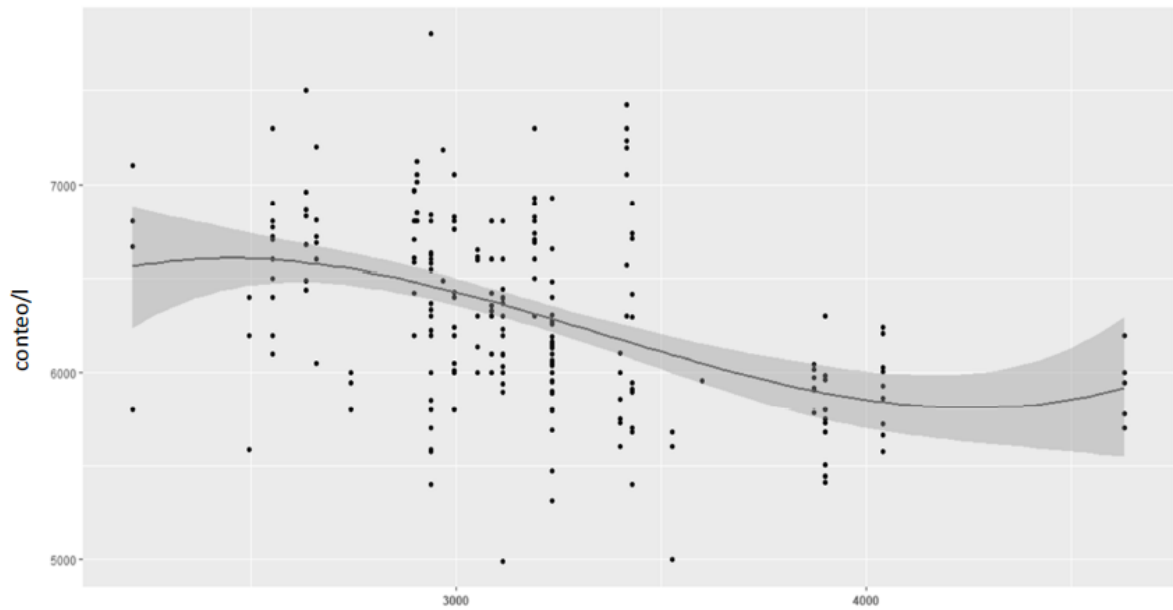


FIG. 7



ATU
FIG. 8