

## **MANEJO EN LA PRODUCCION DE PECES: Buenas prácticas en el transporte de peces vivos.**

Por F. Kubitzka, Panorama da Acuicultura, 2009.

Factores de producción que influyen en el éxito del transporte:

Las condiciones a que son sometidos los peces durante la producción influyen decisivamente en el resultado del transporte (Cuadro 1). Animales que estén nutridos inadecuadamente o estresados por bajos niveles de oxígeno disuelto en los estanques de cultivo, generalmente sufren más con el manejo de las cosechas y el transporte. Por esto, pueden presentar mayor mortalidad, comparados con peces mantenidos bajo mejores condiciones durante su producción. Peces con alta infestación por parásitos (como tricodinas, monogeneos, mixosporídeos u otros microorganismos que causan inflamación o lesiones en las branquias) también pueden presentar altas mortalidades durante y después del transporte. El manejo grosero durante las cosechas debe evitarse, como: los pasajes excesivos de red por los estanques, que llevan a los peces a exhaustos y aumentan las chances de heridas en los animales que luchan por huir del arrastre; la suspensión excesiva de partículas de arcilla y material orgánico en la columna de agua, que provoca irritación, inflamación y lesiones en las branquias; y el confinamiento prolongado en las redes al momento de la captura y del cargamento, que resulta en bajo oxígeno localizado y acentúa las reacciones de estrés, causando pérdida excesiva de sales de la sangre hacia el agua y la reducción de respuesta inmunológica de los peces. Todo esto en conjunto, aumenta la mortalidad de los peces luego, durante el transporte.

Cuadro 1: Factores adversos en la producción y cosecha que aumentan la mortalidad de los peces después del transporte.

- Bajo oxígeno en agua en la semana que precede al transporte.
- Cosechas groseras y exhaustivas para los peces (diversos arrastres de red en el estanque, elevada suspensión de arcilla y material orgánico en el agua; y prolongado confinamiento en las redes antes del acarreo).
- Inadecuada nutrición y alimentación durante el cultivo.
- Infección por parásitos en las branquias, que perjudican la respiración, la excreción de amoníaco y la osmoregulación (equilibrio de sales en la sangre) de los peces.

### ***Alteraciones que se producen en la calidad del agua durante el transporte:***

En el transporte de peces vivos, una determinada carga de peces es confinada en un volumen fijo de agua (sea en bolsas de plástico o en cajas de transporte). En el agua de transporte, los peces respiran (consumen oxígeno y excretan gas carbónico), eliminan amoníaco desde la sangre al agua a través de las branquias, excretan sus heces (material orgánico) y liberan parte de su mucus. Así, a lo largo del transporte se producen los siguientes cambios en algunos de los parámetros de la calidad del agua:

- a) aumento en la concentración de gas carbónico;
- b) reducción del pH del agua (debido al gas carbónico en el agua);
- c) aumento de la concentración de amoníaco total;
- d) aumento en la concentración de sólidos en suspensión (heces);

- e) aumento de la población microbiana (bacterias en general).

### **Alteraciones fisiológicas en los peces debido al manejo y su transporte:**

Diversas alteraciones fisiológicas se producen en los peces como consecuencia del manejo y del transporte. Los efectos de estas alteraciones deben minimizarse para que se obtenga alta sobrevivencia de los peces después del transporte. Durante el manejo de los peces para su carga en las cajas de transporte, se inicia la Reacción General de Estrés. Esta reacción está marcada por la siguiente secuencia de acontecimientos:

- a) se produce un aumento en la concentración de adrenalina y cortisol en la sangre de los animales sometidos al manejo y manejo;
- b) la adrenalina promueve la elevación del nivel de glucosa en la sangre, preparando a los peces para una situación de emergencia;
- c) el cortisol, por otro lado, aumenta la permeabilidad de las membranas celulares de las células branquiales, lo que facilita la pérdida de sales de la sangre hacia el agua. Esto perjudica el mantenimiento del equilibrio de sales en sangre, causando un desequilibrio osmorregulatorio. El cortisol aún deprime el sistema inmunológico y reduce la respuesta inflamatoria en los peces, favoreciendo su infección por agentes patógenos y reduciendo la capacidad de reparación de los tejidos (heridas) después del transporte;
- d) a lo largo del transporte, los peces son gradualmente sedados debido a la elevada concentración de gas carbónico en el agua, y en consecuencia, en la sangre. El gas carbónico tiene un efecto sedativo (anestésico) en los peces, y en altas concentraciones en el agua, dificulta su respiración, pudiendo causar asfixia, particularmente bajo condiciones de bajo oxígeno en el agua del transporte. La hipercapnia (o sea la elevación de la concentración del gas carbónico en la sangre) altera el equilibrio ácido-base en el organismo de los animales, pudiendo llevarlos hasta la muerte.
- e) E) los niveles de amoníaco en la sangre de los peces tiende a elevarse en función del aumento en la concentración de amoníaco en el agua de transporte, dificultando la excreción pasiva del amoníaco de la sangre hacia el agua.

### ***Estrategias de preparación de peces para su transporte:***

La sobrevivencia después del transporte está muy influenciada por la preparación previa de los peces para el transporte. Esta preparación generalmente involucra los siguientes procedimientos:

- a) ayuno antes de la cosecha y del transporte;
- b) tratamiento de los peces para la eliminación de parásitos (especialmente importante para el caso de post-larvas y alevinos);
- c) mantenimiento de los peces en un ambiente adecuado para finalizar su depuración (vaciamiento de sus tractos digestivos) antes de su transporte.

Ayuno antes de la cosecha y del transporte:

Los peces que son mantenidos en ayuno consumen menos oxígeno, excretan menos amoníaco y gas carbónico, toleran mejor el manejo durante las cosechas, clasificaciones, transferencias y transporte. Los peces en ayuno defecan menos en el

agua de transporte. Por lo tanto, los peces deben mantenerse en ayuno por 24 a 48 horas antes del transporte. En general, cuanto mayor es el pez más prolongado deberá ser el ayuno. El tiempo de ayuno debe ser más prolongado para peces adultos (48 a 72 horas). Los peces carnívoros precisan de un ayuno más prolongado que los peces omnívoros o herbívoros para un completo vaciamiento del tracto digestivo. Aplicar un buen ayuno es relativamente fácil cuando se trata de peces carnívoros. Basta suspender el ofrecimiento de ración en los estanques de cultivo cerca de 48 horas antes de la cosecha y la carga para el transporte. Esos peces, generalmente no utilizan alimento natural (plancton u otros organismos), tampoco comen materia orgánica de desecho (derivos) presentes en los estanques. Por otro lado, para peces como las tilapias y las carpas (carpa común, cabezona, por ejemplo), que aprovechan los alimentos naturales disponibles en los estanques de cultivo, con sólo suspender la oferta de ración no se garantiza un adecuado ayuno. Los alevinos de estas especies deben depurarse en un local adecuadamente preparado para ello. Estos peces, generalmente comen sus propias heces durante la depuración, imposibilitando un adecuado ayuno en tanques convencionales para la depuración.

De este modo, la depuración de alevinos y juveniles de estas especies debe ser realizada dentro de hapas o jaulas (con malla de 5 mm o mayor) colocadas cerca de 20 a 30 cm por encima del fondo de los tanques de depuración. De esta forma, las heces que fueran excretadas pasan por las mallas de las jaulas y se depositarán en el fondo de los tanques de depuración, fuera del alcance de los peces. Estas jaulas o hapas facilitan también la captura de los peces para la carga, agilizando la operación.

En el caso de los peces de gran porte, destinados a los pesque y pague o al mercado en vivo, la depuración es normalmente realizada en el propio estanque de cultivo, suspendiendo la oferta de alimento. En el caso del transporte de tilapias, carpas y otros peces que no se depuran bien en los estanques de tierra, se necesita renovar el agua de las cajas después de haberlos cargado. En virtud del estrés y del manoseo, buena parte de las heces es excretada dentro de los 30 a 60 minutos después de la carga. De esta forma, si el transporte fuera largo (4 horas o más, por ejemplo), vale la pena renovar el agua de las cajas después de ese tiempo, de tal forma que se elimine gran parte de las heces excretadas. Esto evita la proliferación excesiva de bacterias y el aumento excesivo de la concentración de amoníaco en el agua de transporte. La adición de sal y otros productos en el agua de transporte debe ser realizada después de esta renovación. Bajar la temperatura del agua en las cajas de transporte es una buena práctica, en particular, en el caso de los peces que no se depuran bien. Esta disminución de la temperatura, se realiza con el uso de hielo. Las temperaturas entre 19 y 22° C las recomendadas durante el transporte de peces vivos. Además de reducir el consumo de oxígeno y la excreción de gas carbónico y amoníaco de los peces, la temperatura más baja reduce la excreción fecal y la velocidad de multiplicación de bacterias en el agua.

### ***Tratamiento de los peces para eliminar sus parásitos:***

Previamente a la cosecha y a la preparación de los peces para su transporte, debe realizarse un análisis microscópico, con raspado del mucus de las branquias y del cuerpo de los peces. Esto auxilia en la verificación sobre presencia de parásitos y en la determinación de la necesidad de efectuar un tratamiento a los peces antes de su transporte. Las infestaciones moderadas o severas de parásitos pueden aumentar la mortalidad de los peces después del transporte, particularmente en el caso de post-larvas

y alevinos. Los peces deben tratarse entonces previamente al transporte, reduciendo o eliminando la carga de parásitos. La tricodina, por ejemplo, es un protozoario parásito muy común en post-larvas y alevinos, que puede resultar en una elevada mortalidad después del transporte. Este parásito puede ser eliminado de los peces, sometiéndolos a baños de formol de 20 a 30 minutos a una concentración de 80 a 100 ml de formol por 1.000 litros de agua. Estos baños en general, se aplican en las mismas cajas de transporte al momento de la transferencia de los alevinos desde los tanques de cultivo hacia los tanques de depuración. El tratamiento también puede realizarse en el propio tanque de depuración, siempre que exista la posibilidad de renovar el agua del tanque para reducir la concentración del producto. Durante el baño con formalina debe monitorearse continuamente el oxígeno disuelto, pues este producto aplicado en el agua consume, por sí solo, gran cantidad de oxígeno. Generalmente, es necesario aplicar oxigenación por medio de difusores o por inyección de oxígeno. Los baños prolongados (12 a 24 horas) con sal, en dosis de 10 g/litro (10 kilos/1.000 litros) pueden ayudar a reducir la infestaciones por parásitos (monogeneos, epistylis, piscinodinium), o bien, impedir la infestación de los peces por hongos (Saprolegnia) y bacterias como la *Flavobacterium columnaris* (que causa la “putrefacción de las aletas” y la “boca de algodón en los peces” (“columnariosis”). Esos baños pueden ser aplicados durante la depuración.

En casos donde no es viable el transferir a los peces hacia los tanques de depuración (principalmente en el caso de grandes cantidades de peces de tamaño de mercado) el tratamiento para la eliminación de parásitos debe realizarse en las propias cajas de transporte, antes de iniciar el viaje. Después del tratamiento, se necesita renovar el agua de la caja, para evitar la exposición de los peces por un tiempo prolongado a los medicamentos utilizados. Además del formol y de la sal, existen otros productos que pueden ser empleados en los tratamientos preventivos contra parásitos. Siempre es necesario consultar a un profesional especializado sobre las posibilidades de un tratamiento preventivo y para que prescriba la dosis de medicamento y profiláctico a ser utilizado.

Mantenimiento de un adecuado ambiente para la depuración de los peces:

Muchas veces, la depuración es efectuada en tanques específicamente proyectados para esta operación. Los peces son colocados en estos tanques a altas densidades y los niveles de oxígeno son mantenidos a través de aireación o renovación del agua. Durante la depuración, es necesario estar atento a las concentraciones del oxígeno disuelto en el agua. Los peces sometidos a bajas concentraciones de oxígeno durante la depuración, pueden presentar altas mortalidades después del transporte. La salinización del agua de depuración con 5 a 8 ppt (5 a 8 kilos de sal por 1.000 litros de agua) mejora las condiciones de los peces durante la depuración y los previene de una infección por hongos y bacterias externas (algo que ocurre con frecuencia después del estrés relacionado a las cosechas o al manejo de clasificación que precede al transporte). La salinización del agua también evita que los peces pierdan excesiva cantidad de sal desde la sangre, debido al estrés de confinamiento, sufrido durante la depuración. La salinización solamente es posible cuando no se renueva el agua de los tanques de depuración, contando con un sistema de recirculación del agua.

### ***La preparación del agua del transporte:***

El agua utilizada en el transporte debe ser limpia, libre de material orgánico, arcilla en suspensión y de plancton. Normalmente, se utiliza agua de pozo, agua de embalse con alta transparencia, agua de los canales de abastecimiento y, a veces, hasta agua del abastecimiento municipal, teniendo cuidado de eliminar previamente el cloro de esta última.

### ***El acondicionamiento del agua para el transporte:***

Existen diversos productos utilizados para el acondicionamiento del agua. Algunos pueden estar relacionados a los neutralizadores de cloro (como el tiosulfato de sodio), compuestos tamponantes (equilibrantes) que evitan la reducción del pH del agua (tampones a base de fosfatos), mezclas comerciales de sales que auxilian en la reducción de los niveles de gas carbónico en el agua y el mantenimiento del equilibrio de osmoregulación de los peces; sustancias parasiticidas, fungicidas y bactericidas (generalmente muy utilizados en el transporte de peces ornamentales); compuestos anestésicos que sedan o calman a los peces, entre otros muchos. La sal común (sal marina) es uno de los productos que provee mayor beneficio para su uso en el agua de transporte y es fundamental para el mejoramiento de la sobrevivencia de los peces después del transporte. Se deben utilizar dosis de sal de entre 6 a 8 kilos/ 1.000 litros de agua. La sal estimula la producción de mucus y reduce las pérdidas de sales desde la sangre hacia el agua, facilitando el ajuste de la osmoregulación. Además de estos beneficios, reduce el desarrollo de infecciones fúngicas o bacterianas después del transporte. Además de la sal, el yeso (sulfato de calcio) y el cloruro de calcio, también son productos que pueden ser usados en el agua de transporte con la finalidad de aumentar la dureza del agua (tenor en calcio) y así, auxiliar a los peces en el mantenimiento de su equilibrio osmoregulatorio. La dosis de yeso es de cerca de 60 a 80 gramos/ 1.000 litros de agua y la de cloruro de calcio es de alrededor de 40 a 60 g /1.000 litros. Cuando el agua utilizada en el transporte fuera muy ácida ( $\text{pH} < 6,5$ ) se debe adicionar bicarbonato de sodio en el agua. Esto evitará que el pH del agua al finalizar el transporte, quede muy bajo, a punto de comprometer la sobrevivencia de los peces. La cantidad de bicarbonato aplicada debe ser de alrededor de 60 a 100 gramos/ 1.000 litros de agua.

### ***El control de la temperatura del agua de transporte:***

La reducción de la temperatura del agua usada en el transporte, es fundamental para la seguridad, la eficiencia y el éxito del transporte. La baja temperatura reduce el metabolismo de los peces, disminuyendo el consumo de oxígeno y la excreción de gas carbónico y de amoníaco. Además de esto, retarda el desarrollo de bacterias en el agua, lo que permite transportar cargas mayores de peces a distancias más largas.

### ***Temperaturas adecuadas para el transporte de peces vivos:***

Durante el transporte, la temperatura del agua deberá ser mantenida entre los 19 y 22 ° C para los peces tropicales. Temperaturas más bajas, entre 16 y 18° C pueden utilizarse para el transporte de especies de peces de clima templado, como el catfish, carpas, los goldfish, entre otros. Los peces de aguas frías, como las truchas por ejemplo, generalmente son transportados a temperaturas entre los 8 y los 15° C.

### La disminución de la temperatura:

Al cargar los peces, el agua del transporte debe encontrarse preparada, cerca de 4-5 grados más fría que el agua en donde están los peces. Por ejemplo, si el agua del tanque de depuración o de cultivo se encontraba en 28° C, el agua de la caja de transporte deberá estar a 23 o 24°C. Si fuera necesario, la temperatura del agua puede ser disminuida con el uso de hielo. Conforme la carga va siendo realizada, se deberá colocar más hielo en la caja de transporte para que la temperatura se mantenga siempre 4-5 ° C más fría que el agua del tanque de depuración. Finalizada la carga, si aún se considerara necesario, se agrega más hielo para que el agua llegue a la franja de 19 a 22 ° C, considerada ideal para el transporte. La adición de hielo puede ser realizada colocando trozos de hielo (hielo en barra partido) directamente en el agua. En el caso de que el transporte sea efectuado con alevinos y solamente haya disponibilidad de hielo en cubos (“rolitos”), el hielo deberá ser colocado dentro de una bolsa de plástico sin agujeros, la que se sumerge en el agua para disminuir la temperatura. El colocar hielo en cubos directamente en el agua puede ocasionar la muerte de los pequeños alevinos por hipotermia (baja de la temperatura corporal), pues estos acaban entrando al interior de los cubo y, literalmente, se hielan. Guante el agregado del hielo, debe monitorearse la disminución de la temperatura. Cuando la temperatura llegue al valor deseado, si existe hielo excedente en el agua de la caja deberá ser removido. La reparación del agua para su uso en bolsas plásticas puede hacerse en cajas de telgopor, adicionando hielo hasta alcanzar la temperatura deseada. En el caso de que la temperatura del agua de la depuración se encuentre por encima de los 4 - 5 ° C que en el embalaje del transporte, antes de que los peces sean colocados en las bolsas plásticas con el agua más fría, estos deberán sumergirse durante cerca de 2 minutos en un agua de temperatura intermedia.

### **El aislamiento térmico de las cajas:**

Idealmente, las cajas de transporte deben poseer un aislamiento térmico, para evitar el aumento de la temperatura durante el transporte. Durante éste, cuando se lo realiza en bolsas plásticas, donde se emplean pequeños volúmenes de agua, es recomendable el uso de cajas de telgopor o cajas de cartón con revestimiento interno de telgopor. No disponiendo de este tipo de cajas, una alternativa es la de usar cajas de cartón forradas internamente con una camada espesa de cartón para reducir la conducción del calor hasta el embalaje de los peces. Siempre que sea posible, debe procurarse evitar la exposición de las cajas al sol. Las cajas de transporte de peces a granel, deben poseer aislamiento térmico, permitiendo el transporte de peces bajo cualquier tiempo, sin que exista una gran elevación o reducción de la temperatura del agua en el interior de las cajas.

### **El ajuste adecuado de carga de peces a ser transportados:**

La carga de peces posible a ser transportada (en bolsas plásticas o a granel en cajas de transporte) dependerá de varios factores, entre otros:

- a) de la previsión de las temperaturas del agua en que se realizará el transporte;
- b) de la previsión del tiempo necesario para el cargamento (o embalaje), para el viaje (transporte) y para su suelta en destino;

- c) del tamaño y el peso medio de los peces;
- d) de la especie de peces a transportar.

Cuanta más baja fuera mantenida la temperatura del agua, cuanto mayor fuera el tamaño de los peces y cuanto más rápido fuera el transporte, mayor podrá ser la carga de peces en el transporte (en kilos/m<sup>3</sup> o en gramos/litro).

#### ***Carga de peces en las cajas de transporte:***

Con el uso de oxígeno, una carga adecuada para transporte es de cerca de 60 a 80 kilos/m<sup>3</sup> para alevinos y juveniles y de 200 a 250 kilos/m<sup>3</sup> en el caso de peces que finalizan su engorde. Mayores cargas podrán ser empleadas dependiendo de las distancias hasta su destino. Dentro de otros factores, dependerá además, de la temperatura del agua en las cajas, de la calidad del equipamiento, de la posibilidad de recambio del agua durante el viaje, etc.

#### ***Cargas de peces en bolsas plásticas:***

Para pequeñas post-larvas, las cargas deberán mantener una densidad de 20 a 30 gramos de post-larvas por litro de agua. En el caso de alevinos, las cargas podrán variar entre 80 a 200 gramos/litro, dependiendo del tiempo del viaje, del tamaño de los peces, de la temperatura del agua, entre otros factores. Cuando el transporte se realiza en bolsas plásticas, el oxígeno estará limitado y los niveles de gas carbónico quedarán más elevados. La cantidad de oxígeno deberá ser suficiente para atender su consumo por los peces durante el viaje. El consumo de oxígeno, expresado en gramos de oxígeno por kilo de peces por hora (g O<sub>2</sub>/kg/h) de peces/hora, variará en función del tamaño de los peces, la temperatura del agua, de la condición de ayuno d los peces, entre otros factores. Los alevinos en ayuno generalmente consumen cerca de 1 a 1,5 g O<sub>2</sub>/kg/hora. Cada litro de oxígeno en el embalaje equivale a 1,4 gramos de O<sub>2</sub>. Así, para abastecer la demanda de oxígeno de un kilo de alevinos para por cada hora de viaje, teóricamente sería necesario por lo menos, 1 litro de oxígeno. Además, no todo el oxígeno colocado en el embalaje se difundirá hacia el agua y tampoco es posible asegura que al temperatura del agua en embalaje no se elevará demasiado durante el transporte; aumentando el consumo de oxígeno por los peces por encima de lo previsto (a no ser que los embalajes estén colocados dentro de cajas de telgopor). Adicionalmente, durante el transporte se produce una elevación de los niveles de gas carbónico, dificultando la respiración de los pees. Así, será necesario mantener una concentración más elevada de oxígeno en el agua de embalaje. Por todo esto, es recomendable considerar la necesidad de proveer cerca de 2 litros de oxígeno para cada kilo de alevinos por hora.

En el Cuadro 2, está representado un ejemplo de cómo estimar el volumen de oxígeno necesario para una determinada carga de alevitos en el transporte realizado con bolsas plásticas. En al práctica, como el volumen de los embalajes es fijo, se recomienda que la proporción entre el volumen de oxígeno y el de agua sea por lo menos de 5:1. De esta forma, si un embalaje posee un volumen total de 60 litros, es posible usar hasta 10 litros de agua, dejando espacio para 50 litros de oxígeno.

**Monitoreo continuo y ajuste del flujo de oxígeno:**

En el transporte de peces a granel es posible regular el flujo de oxígeno en cada caja. Esto se hace leyendo las lecturas de oxígeno que se deben realizar periódicamente a lo largo de todo el transporte. Estas lecturas, juntamente con la marcación del flujo de oxígeno, deben ser anotadas en una tabla de acompañamiento del transporte (ver ejemplo) y servirá de base para el ajuste del flujo de oxígeno durante el viaje. Por lo tanto, el oxímetro es una herramienta fundamental para el transportador de peces, confiriendo seguridad y economía en el transporte.

Tabla: registro de oxígeno disuelto y del flujo de oxígeno en las cajas de transporte.

Horario (hora)	Caja 1 Oxígeno mg/l	Caja 1 Flujo l/min	Caja 2 Oxígeno mg/l	Caja 2 Flujo l/min	Caja 3 Oxígeno mg/l	Caja 3 Flujo l/min	Temperatura ° C
12: 00	8,5	2,5	6,8	3,0	13,1	3,0	22,4
13:15	12,3	2,0	7,9	2,5	14,9	2,0	22,6
14:50	12,8	1,5	8,5	2,0	12,8	2,0	22,6
17:10	11,4	1,5	8,2	2,0	11,9	2,0	22,7
19:05	10,6	1,5	9,8	2,0	13,8	1,5	22,8

Para fines didácticos y de comprensión de la regulación del oxígeno, la operación de transporte se dividirá en tres etapas: 1) al momento del cargamento de los peces; 2) más o menos a la primera mitad del recorrido; 3) a la segunda mitad del recorrido. Durante la carga, el oxígeno disuelto debe mantenerse por encima de los 4 mg/l. Los peces estarán extremadamente agitados y el consumo de oxígeno en el flujómetro se mantendrá más elevado. Luego, después de la carga e inicio del viaje, los peces comenzarán a calmarse y el consumo de oxígeno se reducirá. Por lo tanto, es necesario realizar el ajuste en el flujo de oxígeno, para evitar que este se eleve demasiado. Cerca de los 30 a 40 minutos después de la carga, aún al inicio del viaje, deberá hacerse un chequeo del oxígeno en las cajas y ajustar el flujo del oxígeno si fuera necesario. En esta primera mitad del transporte, la meta es mantener el oxígeno próximo a saturación, o sea, entre 7 y 8 mg/l.

Cuadro 2: ejemplo de cómo prever el tiempo máximo de transporte de alevitos en una bolsa plástica.

- ⇒ Volumen total del embalaje (en el punto en que este es colocado en el camión) – 70 litros;
- ⇒ Volumen de agua - 70 litros;
- ⇒ Carga máxima de alevinos – 200 gramos de alevinos /litro de agua o 2 kg de alevinos por embalaje;
- ⇒ Para estimar el volumen máximo de oxígeno que cabe en este embalaje es necesario restar, del volumen total, el volumen de agua, más el volumen desalojado por los peces, que en este caso fue de 2 litros (1 litro por cada kilo de peces). Así, el volumen máximo de oxígeno en el embalaje equivale a 58 litros (70 – 10 – 2);
- ⇒ Por cada kilo de peces colocado, es necesario proveer 2 litros de oxígeno por hora. Así, para los 2 kilos de alevinos en el embalaje, será necesario colocar 4 litros de oxígeno por cada hora de transporte. Como el embalaje comporta hasta



58 litros de oxígeno, el tiempo máximo que este oxígeno dura es  $d = 58/4$  – cerca de 14 horas de transporte;

⇒ En este mismo ejemplo, si la carga de peces fuera reducida a la mitad (o sea, 1 kg de alevinos), estos mismos 58 litros de oxígeno podrán durar hasta 28 horas de transporte.

Después que el oxígeno se ha estabilizado en estos valores, las lecturas de este parámetro pueden realizarse de dos en dos horas. La elevación del gas carbónico en el agua, conforme el transporte prosigue, irá provocando una sedación a los peces y el consumo de oxígeno de los mismos irá haciéndose cada vez menor, siendo en general necesario reducir el flujo de oxígeno a cada lectura realizada. A partir de la segunda mitad del transporte, donde ya se producen niveles más elevados de gas carbónico en el agua, es recomendable mantener el oxígeno disuelto en valores un poco por encima de la saturación, entre 9 y 11 mg/l de tal forma a compensar el elevado de gas carbónico y evitar que los peces tengan dificultades en su respiración.

A la llegada a su destino final, durante la aclimatación de los peces, el agua de los estanques donde serán sueltos, debe mantener nuevamente el oxígeno próximo a la saturación. Esto disminuye el riesgo de que se produzca embolia en los peces luego de su suelta. El recambio de agua durante la aclimatación se realiza para igualar la temperatura (generalmente más baja en las cajas de transporte). Y del pH, para reducir la concentración de amoníaco y gas carbónico en el agua. Durante la aclimatación, el oxígeno puede ser nuevamente mantenido entre los 7 y 8 mg/l, valores adecuados para realizar la suelta de los peces.

### ***Embolia:***

Durante el transporte se puede producir sobresaturación de gases en el agua (tanto oxígeno, como gas carbónico). Esta supersaturación puede provocar la embolia gaseosa de los peces. Una condición particular que favorece la producción de embolia es la suelta de los peces directamente desde los tanques de traslado o de los embalajes de transporte hacia un agua más caliente, sin una adecuada aclimatación de los peces a las nuevas condiciones del agua. Así, durante la suelta el ideal es que el oxígeno en el agua de los embalajes o de las cajas de transporte haya sido disminuido para valores próximos a la saturación.

### ***Aclimatación de los peces durante la suelta:***

Al final del transporte es necesario realizar la aclimatación de los peces al agua donde estos serán colocados. En general, el agua de transporte difiere del agua del destino en cuanto a temperatura, concentración de oxígeno, pH, salinidad, entre otros parámetros. Por ello, es necesario proceder a una mezcla gradual del agua de transporte con el agua del estanque de destino. Esta mezcla es realizada introduciendo el agua del estanque de destino en las cajas de transporte. En el caso que el transporte haya sido hecho en bolsas plásticas, estos deben abrirse y gradualmente se debe introducir el agua del estanque de destino dentro del embalaje. Esto se hace hasta que el volumen de agua en el interior del embalaje se haya por lo menos triplicado, siempre que las diferencias entre el agua del embalaje y las del estanque fueran lo suficientemente minimizadas y ya fuera posible soltar a los peces (Figura 1).



Figura 1: Aclimatación de los alevinos al final del transporte. Los embalajes deben ser colocados en agua e inmediatamente debe ser iniciada la incorporación de agua del lugar de destino en el interior de los embalajes, hasta que el volumen del agua en él se triplique o cuadriplique. Este proceso debe llevar cerca de 3 minutos por embalaje. No hay necesidad de demorar más que eso.