

Estudio de eficacia del dispositivo de paso para peces de la C.H. Bertxin en el río Leitzaran (cuenca del Oria)

LIFE IREKIBAI (N10/16-SE/N)



Memoria Año 2016

SUMARIO

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	1
2. OBJETIVO.....	4
3. ÁREA DE ESTUDIO	5
4. DISPOSITIVO DE PASO – CH BERTXIN	7
5. PERIODO DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN	9
6. METODOLOGÍA	10
7. RESULTADOS	14
7.1. TRUCHAS MARCADAS PARA SEGUIMIENTO	14
7.2. ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE PASOS DE PECES	15
7.2.1. ESFUERZO – TIEMPOS DE PASO	18
7.2.2. PASOS Y CAUDALES	20
7.2.3. DISTRIBUCIÓN HORARIA DETECCIONES - MIGRACIÓN	22
7.3. EFICACIA	23
7.3.1. EFICACIA DEL DISPOSITIVO DE PASO.....	23
7.3.2. EFICACIA DE LA LLAMADA	23
7.3.3. EFICACIA TOTAL.....	23
7.3.4. CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS	24
8. DISCUSION Y CONCLUSIONES	27
9. BIBLIOGRAFIA	30

ANEXOS

ANEXO I. Azud y escala de la C.H. Bertxin, sistema de detección y marcaje de truchas

ANEXO II. Detecciones registradas en la escala de la C.H. Bertxin.

EQUIPO DE TRABAJO

DIRECCIÓN

- IÑIGO MENDIOLA (*DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA, DEPARTAMENTO DE PROMOCION ECONOMICA, MEDIO RURAL Y EQUILIBRIO TERRITORIAL/ GIPUZKOAKO FORU ALDUNDIA, EKONOMIA SUSTAPENeko, LANDA INGURUNEKO ETA LURRALDE OREKAKO DEPARTAMENTUA*)
- AITOR LEKUONA (*DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA, DEPARTAMENTO DE PROMOCION ECONOMICA, MEDIO RURAL Y EQUILIBRIO TERRITORIAL/ GIPUZKOAKO FORU ALDUNDIA, EKONOMIA SUSTAPENeko, LANDA INGURUNEKO ETA LURRALDE OREKAKO DEPARTAMENTUA*)

REDACCIÓN

- IKER AZPIROZ (*EKOLUR ASESORÍA AMBIENTAL/INGURUMENA AHOLKULARITZA SLL*)

TRABAJO DE CAMPO

- IKER AZPIROZ (*EKOLUR ASESORÍA AMBIENTAL/INGURUMENA AHOLKULARITZA SLL*)
- MIKEL LIZASO (*EKOLUR ASESORÍA AMBIENTAL/INGURUMENA AHOLKULARITZA SLL*)
- JOSEBA TOBAR (*ARC CONSULTORÍA MEDIOAMBIENTAL*)
- AITOR LEKUONA (*DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA, DEPARTAMENTO DE PROMOCION ECONOMICA, MEDIO RURAL Y EQUILIBRIO TERRITORIAL/ GIPUZKOAKO FORU ALDUNDIA, EKONOMIA SUSTAPENeko, LANDA INGURUNEKO ETA LURRALDE OREKAKO DEPARTAMENTUA*)

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La presencia de obstáculos, principalmente azudes y presas, es uno de los principales factores que afecta a la integridad fluvial. Los azudes interfieren en la dinámica y procesos hidromorfológicos fluviales, alteran o incluso detienen el transporte de sedimentos y nutrientes, reducen caudales por derivaciones y por incremento de la evaporación desde su vaso y modifican el régimen hidrológico aguas abajo regularizándolo (laminan las aguas altas y reducen también los estiajes y el número de crecidas ordinarias. Estas alteraciones afectan a las comunidades biológicas ligadas al medio fluvial, incluso los obstáculos de menor tamaño (< 5 m) tienen efectos significativos en el caudal, régimen de temperaturas, transporte de sedimentos, desplazamientos de la fauna y el hábitat fluvial (Larinier, 2001; Hart et al., 2002). De hecho, pueden impedir el aporte natural de grava a lo largo del río provocando una reducción en la calidad y superficie de áreas de freza aguas abajo (Kondolf, 2000, 2001).

Desde el punto de vista de la permeabilidad o continuidad fluvial, los azudes y grandes presas pueden detener o retrasar los movimientos migratorios de los peces, y son la causa del declive y extinción de numerosas especies migratorias de peces (Philippart, 1987; Jungwirth 1998). En el caso de los azudes, éstos pueden bloquear el acceso de peces migradores a las áreas de freza en sentido ascendente o al mar en sentido descendente y la sucesión de azudes (y centrales hidroeléctricas) a lo largo de las rutas de migración tiene un efecto acumulativo de notable magnitud. Los obstáculos pueden por tanto forzar a los reproductores a frezar en áreas de menor calidad, con mayor riesgo y exposición a inundaciones, predación, sobreutilización de las mismas áreas de freza y colmatación (García de Leaniz, 2008).

Esta problemática afecta también a los ríos de la vertiente cantábrica, los cuales tienen por lo general recorridos cortos, del orden de decenas de kilómetros, por lo que llegan a alcanzarse densidades elevadas de obstáculos. Inventarios efectuados por la Diputación Foral de Gipuzkoa indican la existencia de más de 600 obstáculos en la red fluvial guipuzcoana, dato que por sí solo revela el enorme alcance del problema. De estos 600 obstáculos, más de la mitad no tienen ningún uso en la actualidad, mientras que el resto se trata de azudes y presas en servicio u otro tipo de elementos: cruces de infraestructuras, estaciones de aforo, etc.

Por tanto, la restauración de la conectividad longitudinal fluvial y la conservación de la diversidad de su fauna en general y de la piscícola en particular, son necesidades urgentes para la conservación de la biodiversidad global en Europa (Zitek et al. 2008), en cumplimiento de las exigencias de la Directiva Marco del Agua (60/2000/CEE), del Plan para la Recuperación de la Anguila en Europa (Regulación 1100/2007; EC, 2007), así como para el mantenimiento y mejora del estado de la conservación de especies incluidas en la red Natura 2000 (Directiva Hábitats 92/43/CEE; EC, 1992).

Las distintas administraciones que operan en la CAPV y Navarra han realizado numerosas actuaciones de permeabilización de obstáculos (principalmente azudes) desde la década de los noventa del pasado siglo en las principales cuencas fluviales. Estas actuaciones se centran en permitir la circulación en sentido ascendente de la fauna piscícola, mediante la instalación de dispositivos de paso (escalas de artesas sucesivas, antediques, canales laterales, rampas y demoliciones parciales), aunque en los últimos años, si los factores condicionantes del hábitat fluvial, espacio e infraestructuras afectadas lo permiten se procede a la demolición total del obstáculo, solución que garantiza la máxima permeabilidad, tanto para las especies piscícolas como para los mamíferos semiacuáticos y otras especies ligadas al medio fluvial y permite al mismo tiempo que el río retorne a su estado natural, recuperando su dinámica hidromorfológica y los hábitats ligados a este medio.

El proyecto **LIFE IREKIBAI (LIFE14 NAT/ES/000186)** pretende continuar con esta línea de trabajo, con el objetivo de revertir esta problemática en los espacios Natura 2000 situados en las cuencas del Bidasoa y del Leitzaran, basándose asimismo en la experiencia y conocimiento adquirido en anteriores proyectos POCTEFA BIDUR y GURATRANS. En consecuencia, algunas de las acciones de conservación que se contemplan en el LIFE IREKIBAI son las demoliciones de azudes en los ríos Bidasoa y Leitzaran.

Sin embargo, existen azudes en ambos espacios Natura 2000, ligados a aprovechamientos hidroeléctricos que en la actualidad siguen estando operativos y no pueden ser demolidos. Estos obstáculos cuentan con dispositivos de paso con el objetivo de permitir el remonte de los peces aguas arriba del obstáculo. El diseño de estos dispositivos de paso de obstáculos es una tecnología multidisciplinar, el correcto estudio de los parámetros biológicos, hidráulicos y de otras variables físicas es fundamental en un buen diseño del paso para peces elegido. Por tanto, tan importante como la ejecución de estos dispositivos de paso es la comprobación de que éstos son realmente funcionales (Castro-Santos, Cotel & Webb 2009). Los pasos para peces ejecutados pueden tener pequeñas deficiencias, bien por errores cometidos a la hora de realizar su diseño o por la aparición de causas imprevistas durante la ejecución de las obras, que impidan su correcto funcionamiento hidráulico. Estos problemas, en ocasiones, pueden suponer que el grado de permeabilidad de determinado obstáculo sea inferior al esperado o incluso resulte infranqueable en el peor de los casos, por lo que en ambos casos se verían comprometidos los objetivos de las acciones de conservación ejecutadas en el LIFE IREKIBAI. En consecuencia, y si se tiene en cuenta también el reducido coste que supone en comparación con la inversión realizada en la construcción del mismo, la evaluación de la funcionalidad de los pasos de peces debería ser incluida de forma habitual en los proyectos y protocolos de permeabilización.

La Diputación Foral de Gipuzkoa cuenta con la experiencia previa adquirida en el proyecto POCTEFA BIDUR, liderado por GANASA en 2010 y en el que se evaluaron 2 escalas de ralentizadores denil en Navarra y 5 escalas de artesas sucesivas en Gipuzkoa, en otros tantos azudes. En el proyecto LIFE IREKIBAI se realizará la

evaluación de la eficacia de un total de 5 pasos en el río Leitzaran durante el periodo 2016-2019, dentro de la acción “*D10-Seguimiento de pasos para peces*”. **En el presente informe se incluyen los resultados obtenidos el estudio de evaluación de la eficacia de uno de ellos, el dispositivo de paso (escala de artesas sucesivas) de la C.H. Bertxin en el río Leitzaran, realizado en 2016.**

2. OBJETIVO

La acción “*D10-Seguimiento para peces*” del LIFE IREKIBAI contempla los siguientes objetivos:

- Evaluación de la franqueabilidad o funcionalidad de los dispositivos de paso de un total de 5 obstáculos en el río Leitzaran.
- Identificación de los dispositivos de paso que muestran deficiencias de franqueabilidad.
- Comunicar a los concesionarios las deficiencias y posibles medidas correctoras, junto con consejos de mantenimiento (limpieza, regulación de caudales, etc.)
- Informes de campañas anuales donde se incluyen toda la información relativa a la metodología, desarrollo, conclusiones y propuestas del proyecto.

Los dispositivos de paso objeto de evaluación corresponden a los azudes de los siguientes aprovechamientos hidroeléctricos:

- C.H. Plazaola
- C.H. Ameraun
- C.H. Leitzaran (Iberdrola)
- C.H. Bertxin
- C.H. Olaberri o Laborde

El objetivo del estudio realizado en 2016 es el de evaluar la funcionalidad del dispositivo de paso (escala de artesas sucesivas) de la CH Bertxin.

3. ÁREA DE ESTUDIO

El ámbito de estudio se corresponde con el río Leitzaran (cuenca del Oria), el tributario de mayor entidad de la cuenca del Oria con una longitud de 44 km, de los cuales 31 km se sitúan en la provincia de Gipuzkoa y los restantes 13 km corresponden a la Comunidad Foral de Navarra. La subcuenca del Leitzaran tiene una superficie de 123 km², de los cuales 68 km² corresponden a la provincia de Gipuzkoa y los restantes 55 km² a la Comunidad Foral de Navarra.

Los 5 azudes, y los correspondientes 5 pasos para peces, objeto de seguimiento se sitúan en el tramo guipuzcoano del río Leitzaran y abarcan un total de 29 km fluviales, desde el azud más alejado aguas arriba (CH Plazaola) hasta la desembocadura en el río Oria a la altura de la localidad de Andoain.

Además de los 5 azudes objeto de seguimiento, en el Leitzaran se localizan otros 5 principales obstáculos (Tabla 1; Figura 1), 2 estaciones de aforo y 3 azudes provistos de paso para peces: Las dos estaciones de aforo no representan a priori un problema a la migración (DFG & EKOLUR, 2009), los azudes de Inquitex y Garaikoerrotta, localizados a 400 y 500 m de la desembocadura respectivamente, cuentan con un dispositivo de paso (canal lateral) de eficacia comprobada (DFG & EKOLUR, 2008), mientras que se prevé la demolición del azud de la CH Oioki.

El dispositivo de paso del azud de la C.H. Bertxin, objeto de evaluación en 2016, sería el segundo de los pasos objeto de evaluación o seguimiento comenzando desde aguas abajo, situado a 7,6 km de la desembocadura en el río Oria (Tabla 1; Figura 1).

Tabla 1. Obstáculos incluidos en el área de estudio en sentido ascendente desde la desembocadura del río Leitzaran.

Obstáculo	Altura (m)	Distancia a desembocadura (km)	Dispositivo de franqueo	Franqueabilidad
Presa de Inquitex	1,1	0,4	Canal lateral	Buena
Azud Garaikoerrotta	5,0	0,5	Canal lateral	Buena
Estación de aforo Leitzaran	0,9	1,7	NO/Adaptado	Buena
C.H.Olaberri (Laborde)	5,5	3,9	Artesas sucesivas	Desconocida
C.H. Bertxin	5,8	7,6	Artesas sucesivas	Desconocida
C.H. Olloki*	7,0	12,5	Artesas sucesivas	Desconocida
C.H. Leitzaran (Iberdrola)	2,0	20,0	Artesas sucesivas	Desconocida
Estación Aforo C.H. Ameraun	0,9	24,7	NO	Desconocida
C.H. Ameraun	3,8	24,8	Artesas sucesivas	Desconocida
C.H. Plazaola Nº 1	3,1	29,2	Artesas sucesivas	Desconocida

*Demolición prevista

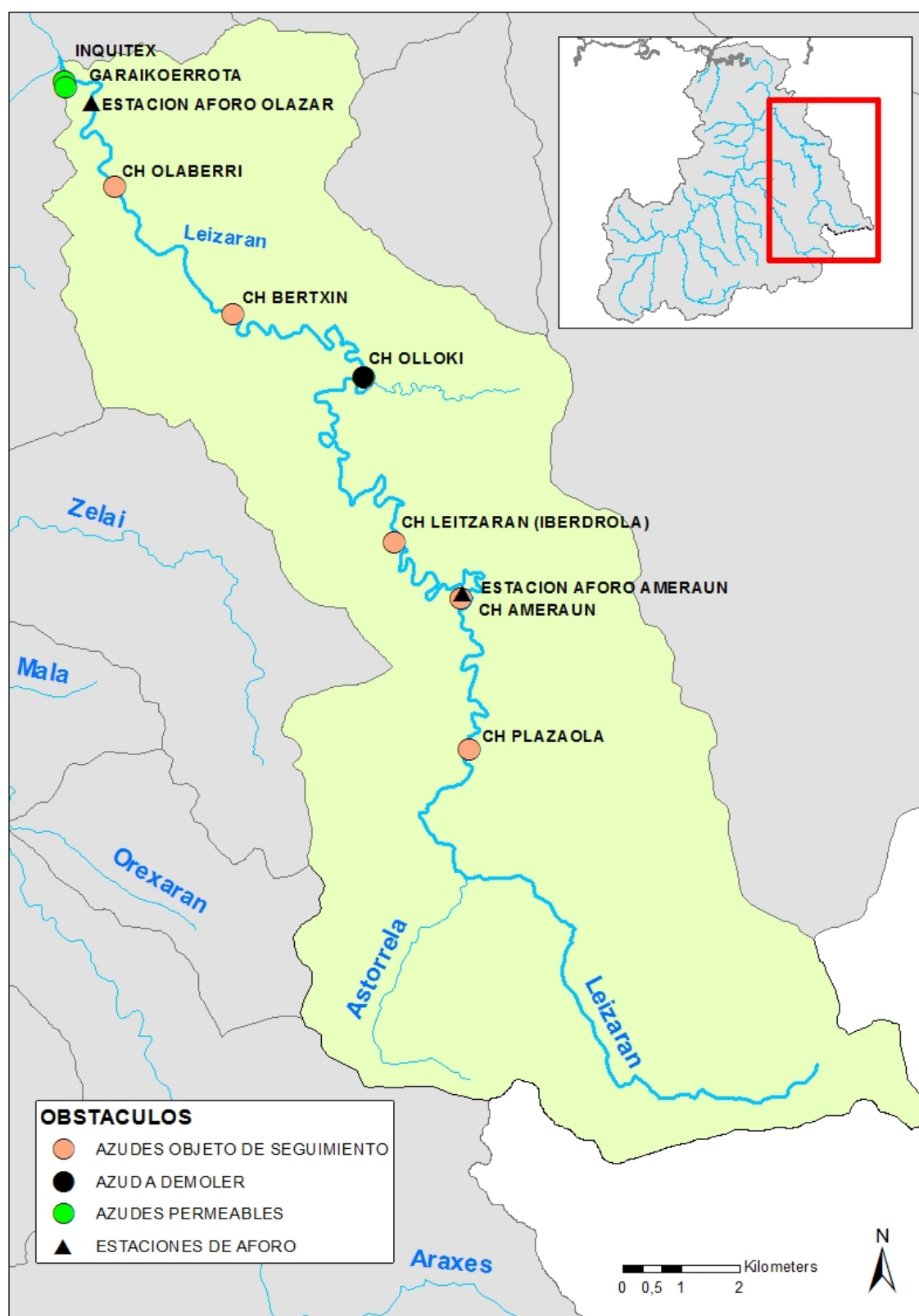


Figura 1. Obstáculos incluidos en el área de estudio, río Leitzaran (cuenca del Oria).

4. DISPOSITIVO DE PASO – CH BERTXIN

El dispositivo de paso del azud de la C.H. Bertxin es una escala de artesas sucesivas con escotaduras alternas y orificios sumergidos. Se trata con diferencia del tipo de dispositivo utilizado con más frecuencia en minicentrales hidroeléctricas de Francia (Larinier et al., 2002). Este tipo de paso consiste en una serie de artesas o estanques sucesivos que van desde el pie del obstáculo hasta aguas arriba del mismo, dividiendo la altura o desnivel a franquear en pequeños saltos. Las paredes que separan los sucesivos estanques tienen una escotadura vertical y un orificio sumergido que controlan el nivel del agua en cada estanque y el caudal que circula por el dispositivo de paso. Los estanques o artesas tienen una doble función: garantizan una adecuada disipación de la energía del caudal circulante por el paso y ofrece áreas de descanso para los peces.

La conexión hidráulica entre estanques se realiza en regímenes de caudal normales a través de la escotadura superior o lateral y el orificio de fondo, situados de manera opuesta en el tabique y alternándose de un estanque a otro. En periodo de estiaje, puede darse la situación en la que el agua sólo circule a través del orificio de fondo. Este tipo de paso presenta pocas turbulencias y resulta adecuado para la mayor parte de las especies.

El caudal circulante en estos pasos, dependiendo del tamaño del río, puede variar desde menos de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ en pequeñas regatas hasta más de $2 \text{ m}^3/\text{s}$ en ríos de mayor entidad (Larinier et al., 2002). El salto entre artesas o estanques es generalmente de 30 cm para salmónidos, entre 20-30 cm para sábalos y entre 15-30 cm para otras especies objetivo. El volumen de los estanques viene determinado por el criterio de energía disipada por unidad de volumen de estanque. Para los pasos de salmónidos se tiene como límite superior de potencia $200\text{-}250 \text{ W/m}^3$ y 150 W/m^3 para el resto de especies. La longitud de los estanques puede variar desde 1,2 m para pasos pequeños diseñados para trucha con caudales inferiores a $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$, hasta más de 4,5 m en pasos diseñados para caudales de $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Como valor medio, la longitud es de 2,5-3,0 m en pasos diseñados para $0,3\text{-}0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Por tanto, la pendiente de un paso de artesas sucesivas puede variar notablemente, desde menos del 7% hasta más del 25%, aunque los valores más habituales se encuentran entre 10-12%.

La escala de la C.H. Bertxin consta de un total de 20 artesas para salvar una altura de 5 m y tiene un caudal de diseño de 450 l/s. En el Anexo I se incluyen imágenes del paso y azud de la C.H. de Bertxin.

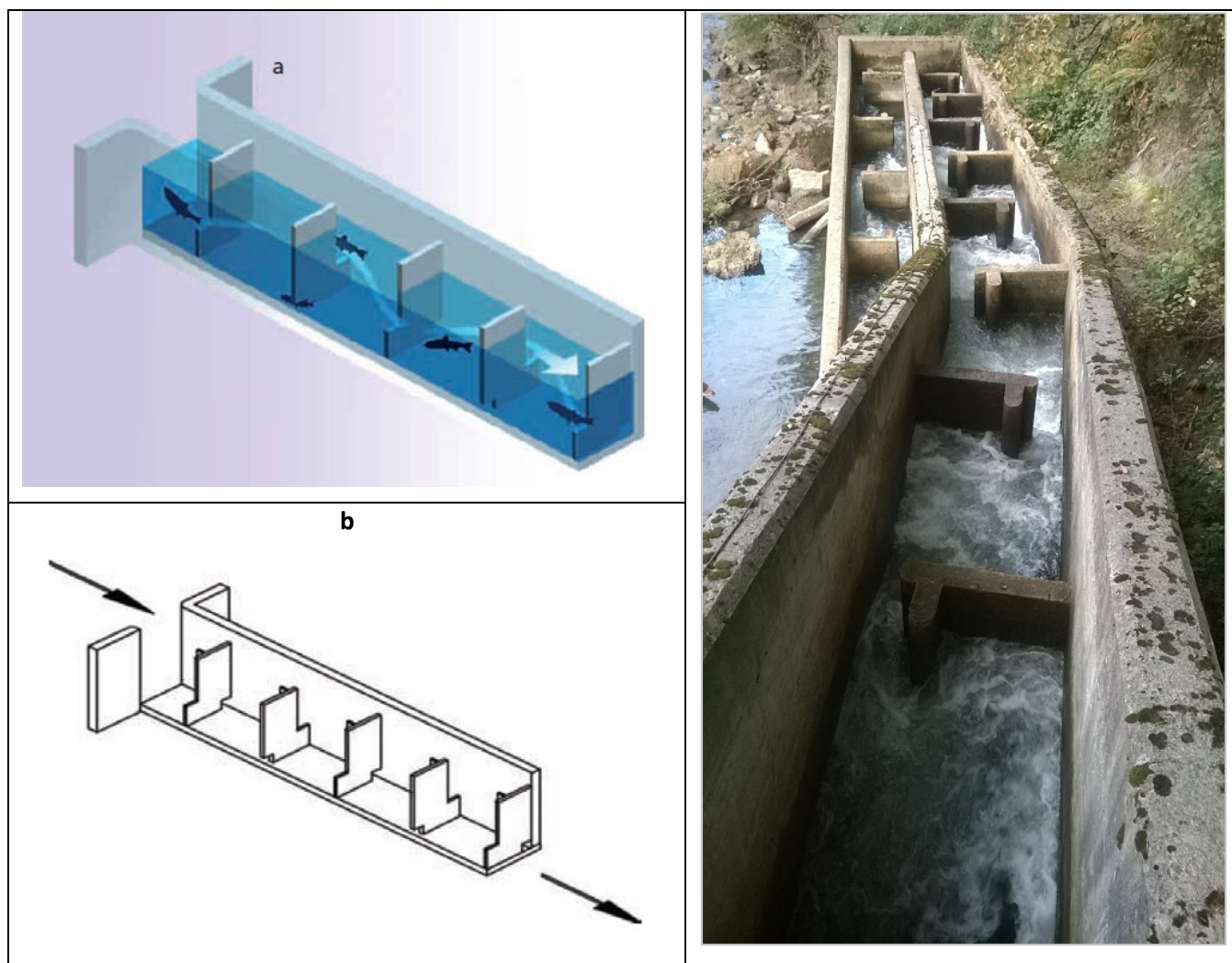


Figura 2. Diagrama (a) y vista en perspectiva (b) de un paso de artesas sucesivas con escotaduras alternas y orificios sumergidos (Aigouï f. & Dufour m., 2008) y ejemplo real correspondiente al paso de la C.H. de Bertxin.

5. PERIODO DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

El estudio de evaluación de la funcionalidad del dispositivo de paso de la C.H. Bertxin se realiza entre los meses de septiembre y noviembre del año 2016, en consonancia con el periodo prereproductor y reproductor, el de mayor actividad y movilidad de las truchas (*Salmo trutta*), especie objeto de estudio y dominante o más abundante en el tramo de estudio, lo que aumenta la probabilidad de que éstos se desplacen río arriba e intenten superar la escala objeto de estudio.

En una primera fase, entre los meses de septiembre y octubre de 2016 se realiza la instalación y calibración del sistema de detección pasiva en la escala del azud de la C.H. Bertxin. Una vez comprobado el correcto funcionamiento del sistema de detección pasiva, se pone en marcha la fase de seguimiento con la captura, marcaje y suelta de truchas aguas abajo del azud de la C.H. Bertxin en fecha 28/10/2016.

El seguimiento de la funcionalidad del paso se realiza mediante la activación del sistema de detección pasiva, desde el 28/10/2016 hasta el 18/11/2016, un periodo de 22 jornadas consecutivas, en el que el sistema de detección se encuentra en funcionamiento durante 24 horas/día. El sistema se apaga durante unos pocos minutos cada 4 jornadas para realizar el recambio de las baterías que alimentan el sistema a 12 V. El seguimiento finaliza en fecha 18/11/2016 debido a una avería en la alimentación del sistema.

6. METODOLOGÍA

El estudio de eficacia se basa en el seguimiento de truchas adultas mediante un sistema de detección pasiva o automática (CIPAM) instalado en el dispositivo de paso objeto de estudio. Este método consiste en el marcaje de truchas adultas o reproductores mediante marcas tipo pit (Passive Integrated Transponder) y su detección automática por el sistema de detección instalado.

Este sistema consta de un equipo (CIPAM) de detección de marcas pit unido a 2 antenas, una a la entrada y otra a la salida del dispositivo de paso, de forma que registra el paso de cualquier pez a través de cualquiera de las 2 antenas y en cualquier dirección, registra por tanto el paso o intento de paso de los peces a través del dispositivo. El equipo cuenta con una unidad central o CPU que guarda y almacena todas las detecciones registradas. La información que contiene cada registro incluye la antena que ha realizado la detección (numerada), el código de la marca pit (16 dígitos), fecha de detección (día/mes/año) y tiempo instantáneo de detección (hora:minuto:segundo). El sistema de detección pasiva funciona en esta ocasión mediante suministro de energía mediante baterías a 12 V.

Para la detección pasiva de peces marcados se utilizan marcas pit (passive integrated transponder) de 23 mm de longitud (Texas Instrument, RI-TRP-RR3P). Cada marca pit contiene un código alfanumérico único de 16 dígitos que permite la identificación individual de los peces marcados. Las marcas pit utilizadas tienen un peso de 0,8 g, correspondiente al 0,5 % del peso medio de las truchas marcadas, que es de 240 g (rango: 95-260 g). El peso de las marcas pit es muy inferior al 2,5% del peso individual de las truchas marcadas, ratio por encima del cual puede verse afectada la capacidad natatoria o flotabilidad de ciertas especies (Baras & Lagardere, 1995).

Se considera que un pez supera el dispositivo cuando se registran 2 detecciones consecutivas, una primera a la entrada del dispositivo y otra segunda a la salida aguas arriba. Estas detecciones permiten conocer el tiempo exacto empleado en superar el dispositivo, si ha necesitado de varios intentos para superarlo (si el número de detecciones a la entrada es elevado en un periodo reducido de tiempo) o si lo intenta y no logra superarlo en base a la abundancia y frecuencia de detecciones en la antena de entrada. Debido a que el azud y la entrada a la escala aguas abajo en margen derecha se encuentran muy próximas, con objeto de proteger la antena y material asociado y evitar daños en crecidas, la antena de detección de entrada (antena 1) se instaló en la escotadura entre la segunda y la tercera artesa (Figura 3). Por tanto, el tiempo transcurrido para superar la escala (tiempo entre dos detecciones consecutivas entre las antenas 1 y 2) para cada ejemplar corresponde a la superación de un total de 16 artesas de las 18 con las que cuenta la escala.



Figura 3. Localización de la antena 1 en la escotadura entre la 2ª y 3ª artesa con caudales bajos y altos (círculos rojos), imagen de detalle (abajo izquierda) y antena 2 en la artesa superior de salida (abajo derecha).

6.1. Eficacia del dispositivo de paso

La eficacia del dispositivo de paso o escala se calcula en base al número de truchas que logra superarlo o son detectados en la antena 2 (n), instalada en la artesa superior o salida, respecto a los que lo intentan o son detectados en la antena 1 (N), situada en la escotadura entre la 2ª y 3ª artesa, en la parte inicial del paso (Larinier & Travade 2002; Bunt et al., 2012):

$$\text{Eficacia dispositivo-escala (\%)} = n/N \times 100$$

6.2. Eficacia de la llamada

El correcto funcionamiento del dispositivo de paso, además de su correcto diseño y permeabilidad, depende de la atracción o llamada que ejerce. La eficacia de la llamada depende de la configuración de la escala y es mayor cuanto mayor es el caudal que circula por el paso (Larinier & Travade 2002), el cual desemboca en el río aguas abajo del obstáculo, lo que facilita que los peces en migración detecten dicha ruta y accedan a ella.

La eficacia de la llamada que ejerce el paso o escala se calcula en base al número de truchas detectadas a la entrada o antena 1 (n), que en este caso particular se ha retrasado por seguridad y situado en la escotadura entre la 2ª y 3ª artesa, respecto al total marcado (N). (Larinier & Travade 2002; Bunt et al., 2012):

$$\text{Eficacia llamada (\%)} = n/N \times 100$$

6.3. Eficacia total

La eficacia total del paso sería una combinación de la eficacia del dispositivo de paso y de la llamada o atracción que ejerce. En consecuencia, la eficacia total se calcula en base al número de truchas que logra superar el dispositivo o son detectados en la antena 2 (n), respecto al total de truchas marcadas para seguimiento (N). (Larinier & Travade 2002; Bunt et al., 2012)

$$\text{Eficacia total (\%)} = n/N \times 100$$

6.4. Captura, marcaje y suelta

Una vez instalado el sistema de detección pasiva en el dispositivo de paso, se procede a la captura de truchas aguas abajo y aguas arriba del azud de la C.H. Bertxin mediante pesca eléctrica. El objetivo de este doble origen de los peces es el de por una parte asegurar que habrá individuos que intentarán superar el obstáculo para retornar a sus territorios habituales (peces capturados arriba y trasladados abajo) y por otro comprobar que el paso también funciona con el comportamiento natural, no inducido, de migración reproductora (peces cuyo territorio habitual está por abajo del obstáculo y deben remontarlo en busca de frezaderos). Se capturan y marcan un total de 25 truchas adultas.

Protocolo de marcaje

Los ejemplares capturados son anestesiados en una solución de MS-222 (0,10 g/l) y se anotan los datos biométricos (talla y peso). La inserción de la marca pit requiere de una breve intervención quirúrgica (Gosset et al. 2006): se realiza una pequeña incisión (4-5 mm) en la zona parte ventral, entre las aletas pelvianas y pectorales y tras insertar la marca pit, se cierra la abertura con 1 punto de sutura (hilo reabsorbible). Finalmente, se aplica yodo en la zona suturada y los peces tras una breve recuperación son devueltos al río.

En el Anexo I se incluye un reportaje fotográfico correspondiente al sistema de detección pasiva y la captura y marcaje de los peces.

7. RESULTADOS

7.1. TRUCHAS MARCADAS PARA SEGUIMIENTO

En fecha 28/10/2016 se capturaron un total de 25 truchas adultas aguas abajo y aguas arriba del azud de la C.H. Bertxin, las cuales fueron marcadas y posteriormente liberadas aguas abajo del azud. La longitud media de estos ejemplares es de 240 mm (rango: 208-296 mm), con un peso medio de 150 g (rango: 95-260 g) y un coeficiente de condición medio de 1,063 (rango: 0,833-1,203). En la Tabla 1 se incluyen las características biométricas de estos ejemplares.

Tabla 1. Código de marca pit, longitud (mm), peso (g) y condición (K) de las truchas marcadas para seguimiento aguas abajo del azud de Bertxin.

nº	Código pit	Longitud (mm)	Peso (g)	K
1	A810117	256	189	1,127
2	A810110	274	216	1,050
3	A810115	221	117	1,084
4	A81011D	286	260	1,111
5	A810114	296	251	0,968
6	A81011E	240	138	0,998
7	A810112	227	139	1,188
8	A81010D	236	137	1,042
9	A81011A	250	186	1,190
10	A810108	220	112	1,052
11	A81011F	248	160	1,049
12	A810123	243	149	1,038
13	A810121	249	155	1,004
14	A810122	248	158	1,036
15	A810124	258	143	0,833
16	A810127	243	155	1,080
17	A810129	217	117	1,145
18	A810125	235	131	1,009
19	A810111	219	114	1,085
20	A810126	242	143	1,009
21	A810128	226	119	1,031
22	A81012B	225	137	1,203
23	A81012A	221	126	1,167
24	A81012C	208	100	1,111
25	A81012D	214	95	0,969

7.2. ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE PASOS DE PECES

Durante el periodo de seguimiento, desde el 28/10/2016 hasta el 18/11/2016, se registra el desplazamiento de 18 truchas por el interior de la escala de un total de 25 ejemplares marcados y liberados aguas abajo del azud de la C.H. Bertxin. **De estos 18 ejemplares detectados, un total de 16 ejemplares logran superar la escala (detectados en antena 2/salida o última artesa arriba), mientras que 2 truchas se adentran en ella (detectados en antena 1) pero no llegan a superarla en su totalidad, es decir, no son detectadas en la antena 2.**

El periodo de seguimiento abarca 22 días consecutivos y los intentos, con éxito o no, de un total de 18 truchas de superar la escala corresponden a las primeras 9 jornadas de seguimiento, entre los días 28 de octubre y 4 de noviembre (Tabla 2, Figuras 4 y 5). Posteriormente, durante los días 8 y 9 de noviembre se registra la detección en la antena 2 de dos ejemplares que ya habían superado la escala con anterioridad (nº 8 y nº 15), en relación posiblemente con desplazamientos en busca de refugio ante la crecida del río Leitzaran, que aumenta hasta los 10 m³/s en esas fechas (Figura 6). Por tanto, las truchas intentan superar la escala durante las primeras 9 jornadas de seguimiento y en las siguientes 13 jornadas no se registran intentos de superarla, o al menos los ejemplares que lo hubieran intentado no alcanzan a remontar hasta la antena 1, situada en la escotadura entra la 2ª y 3ª artesa de la escala.

De las 16 truchas que superan la escala en su totalidad, una de ellas (nº 3) presenta detecciones únicamente en la antena 2. Esta detección en la antena 2 corresponde al día 31 de octubre, fecha en el que se realiza un breve apagado del sistema para recambio de las baterías de alimentación, por lo que es posible que casualmente este ejemplar atravesara la antena 1 mientras el sistema se encontraba apagado por unos pocos minutos o que pasara a la siguiente artesa a través del orificio sumergido de la escala.

Respecto al número de detecciones que se registran en la antena 1, indicativo del número de intentos que realiza cada ejemplar para acceder a la parte inicial de la escala (3ª artesa), 10 truchas tienen un solo registro o detección, es decir, superan la antena 1 en un único intento y prosiguen su avance por el interior de la escala. Asimismo, el número medio de detecciones en la antena 1 para un total de 17 truchas es de 1,7 detecciones (rango: 1-5 detecciones), lo que parece indicar que superan este punto de la escala con relativa facilidad. Los 2 ejemplares que no superan la escala (nº 17 y nº 18) presentan 2 y 4 detecciones en la antena 1 respectivamente. El número medio de detecciones en la antena 2 para las 16 truchas que superan la escala es similar al de la antena 1, con 2,1 detecciones (rango: 1-6 detecciones) y son 8 los ejemplares que presentan un único registro, es decir, atraviesan el punto superior o de salida de la escala con facilidad y no vuelven a ser detectados.

Tabla 2. Distribución de lecturas en cada una de las antenas para el total de las 18 truchas detectadas en la escala de la C.H. Bertxin y fecha de paso o última detección.

TRUCHA	Nº detecciones			Supera la escala	Fecha de paso o última detección
	Antena 1 (entrada)	Antena 2 (salida)	Total		
Nº 10	1	2	3	SI	30/10/2016
Nº 8	1	2	3	SI	30/10/2016
Nº 2	2	1	3	SI	29/10/2016
Nº 5	1	1	2	SI	29/10/2016
Nº 9	2	2	4	SI	29/10/2016
Nº 4	5	2	7	SI	28/10/2016
Nº 6	1	1	2	SI	29/10/2016
Nº 11	2	1	3	SI	29/10/2016
Nº 13	1	3	4	SI	29/10/2016
Nº 15	1	6	7	SI	29/10/2016
Nº 20	2	1	3	SI	30/10/2016
Nº 17	2		2	NO	30/10/2016
Nº 23	1	1	2	SI	30/10/2016
Nº 22	1	1	2	SI	29/10/2016
Nº 3		6	6	SI	31/10/2016
Nº 14	1	1	2	SI	02/11/2016
Nº 19	1	3	4	SI	04/11/2016
Nº 18	4		4	NO	05/11/2016

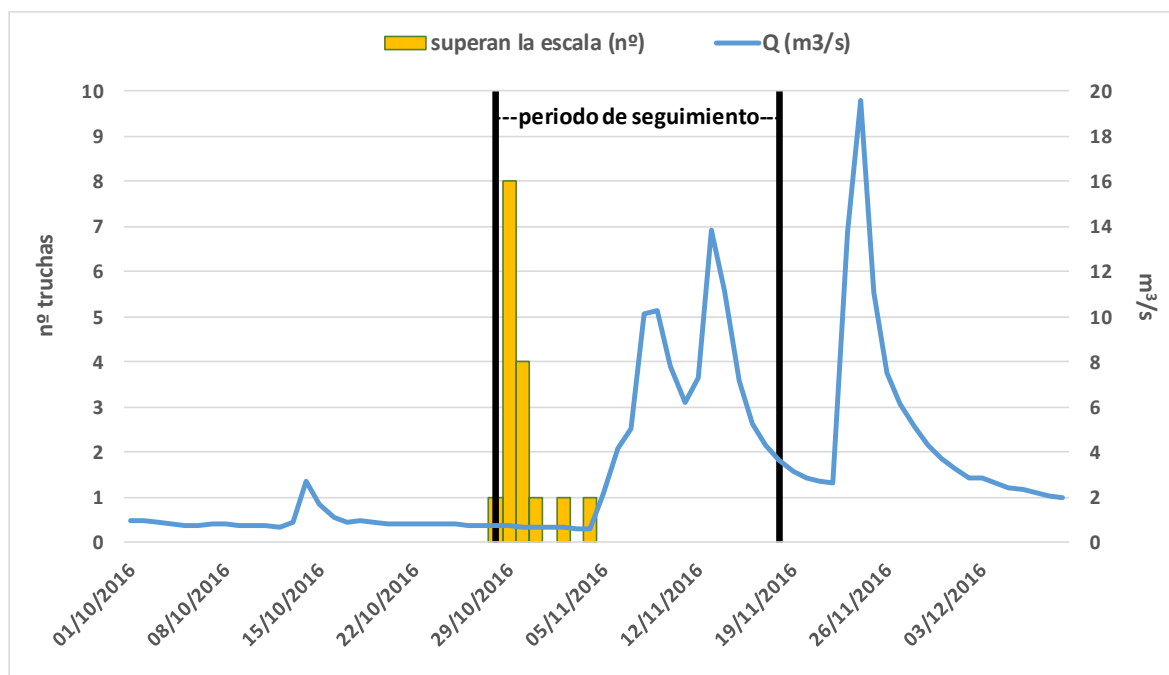


Figura 4. Distribución de pasos o nº de truchas que superan la escala de la C.H. Bertxin en su totalidad durante el periodo de seguimiento y caudal circulante en el río Leitzaran.

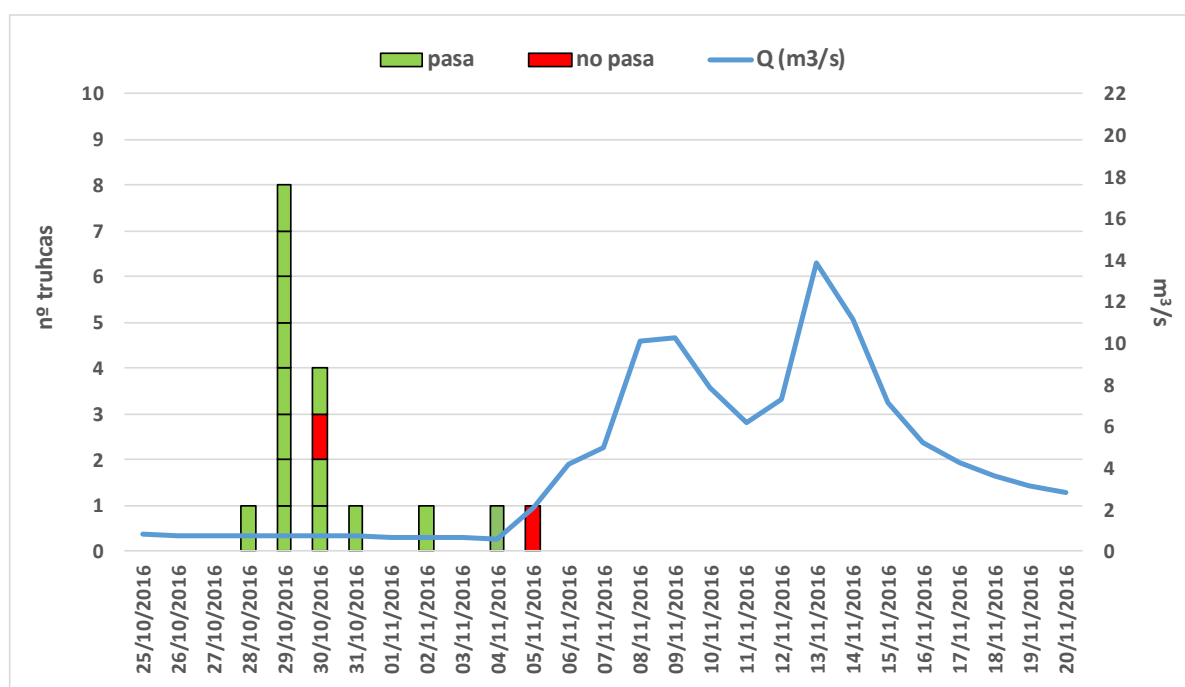


Figura 5. Distribución del número de truchas que supera la escala de la C.H. Bertxin en su totalidad ("pasa") y del número que accede a ella, pero no la supera ("no pasa") durante el periodo de seguimiento y caudal circulante en el río Leitzaran.

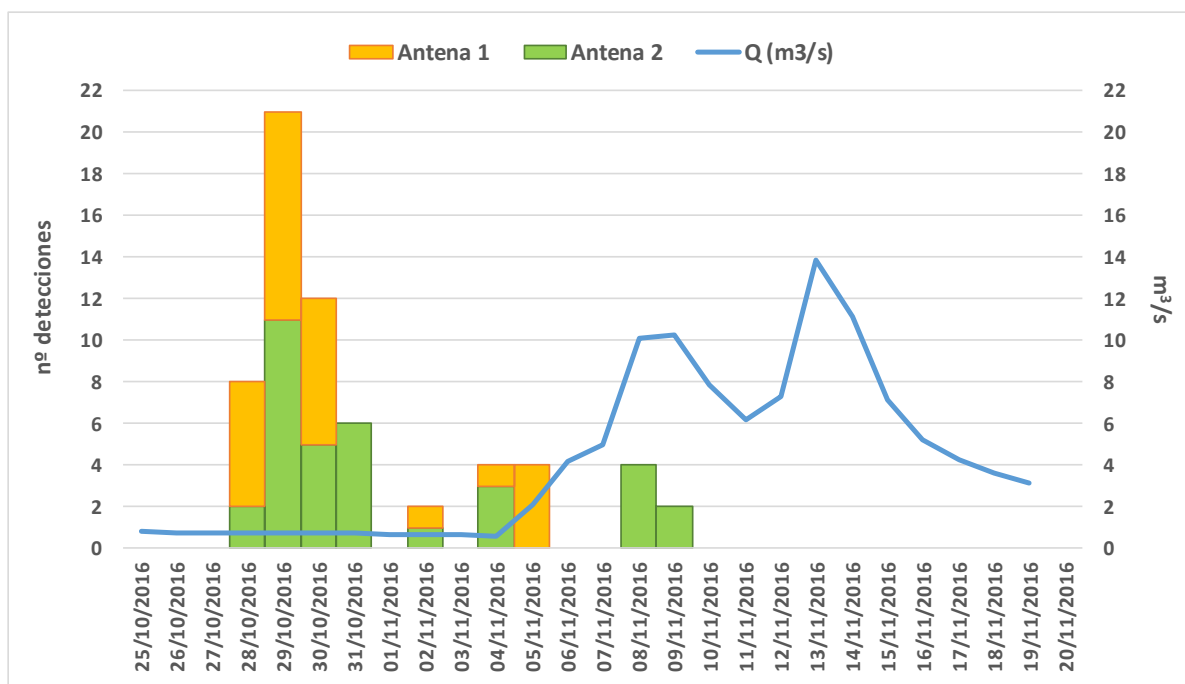


Figura 6. Distribución del número de detecciones de truchas en las antenas de entrada (antena 1) y salida (antena 2) de la escala de la C.H. Bertxin durante el periodo de seguimiento y caudal circulante en el río Leitzaran.

7.2.1. ESFUERZO – TIEMPOS DE PASO

En relación con el esfuerzo que realizan las truchas para superar la escala, las detecciones registradas en cada una de las antenas permiten calcular el tiempo exacto que necesita cada individuo para superar el dispositivo en su totalidad (Tabla 5). En este caso, si se tiene en cuenta que la antena 1 se sitúa en la escotadura entre la 2ª y 3ª artesa, el tiempo de paso corresponde al esfuerzo realizado para superar un total de 16 artesas de las 18 artesas con las que cuenta la escala.

Para un total de 15 truchas, **el tiempo medio que necesitan para superar la escala es de 1 hora y 36 minutos**, con un tiempo máximo de 5 horas y 10 minutos y un mínimo de 49 minutos (Tabla 3, Figura 7). El tiempo empleado en superarla es similar entre ejemplares, 13 de las 15 truchas emplean menos de 2 horas, un ejemplar la supera en 2 horas y 7 minutos, mientras que otro ejemplar emplea hasta 5 horas (trucha nº 14), valor anormalmente elevado en comparación al resto, ya que las condiciones de caudal son similares en comparación con el resto de pasos y no se observó impedimento físico alguno en la escala (ramas, troncos, etc.).

El tiempo de paso individual corresponde al empleado en superar un total de 16 artesas, por lo que se puede estimar el tiempo medio empleado en superar cada artesa, valor que no es real, pero sirve como indicador del esfuerzo realizado. De esta forma, **el tiempo medio/artesa para el total de ejemplares es de 6 minutos y 3 segundos**, con un máximo de 19 minutos para la trucha nº 14 y un mínimo de 3 minutos y 6 sg para la nº 15.

Atendiendo al desnivel que salvan las truchas para superar la escala, que en este caso es de 5,1 m de altura si partimos desde la 2ª artesa (localización antena), la altura total es de 5,8 m, **el tiempo medio que necesitan las truchas para superar 1 m de desnivel es de 18 minutos y 45 sg**, con un rango de entre 1 hora/m altura y 9 minutos y 36 sg/m altura. Estos ratios de velocidad y desnivel a superar se encuentran en rangos similares a otros observados con trucha (*Salmo trutta*), barbo (*Luciobarbus bocagei*) y boga del Duero (*Pseudochondrostoma duriense*) en pasos similares, los cuales no presentan diferencias significativas entre especies y rondan los 12 minutos/m como promedio, con un valor de mediana de 30 minutos/m (Sanz-Ronda et al., 2016; F.J. Sanz-Ronda pers. comm.)

Tabla 3. Tiempo empleado en superar la escala por 15 truchas en base a la última detección registrada en la antena 1 (entrada) y la primera detección registrada en la antena 2 (salida) en la escala de la C.H. Bertxin y tiempo medio estimado para superar cada artesa y cada metro de desnivel o altura.

Trucha	Última detección antena 1 (h:m:sg)	Primera detección antena 2 (h:m:sg)	Tiempo de paso (h:m:sg)	Tiempo medio/artesa (h:m:sg)	Tiempo medio/m altura (h:m:sg)
Nº 10	11:10:49	12:23:38	1:12:49	0:04:33	0:14:07
Nº 8	16:59:56	18:18:04	1:18:08	0:04:53	0:15:09
Nº 2	17:34:53	18:48:44	1:13:51	0:04:37	0:14:19
Nº 5	15:23:38	16:15:55	0:52:17	0:03:16	0:10:08
Nº 9	9:24:49	10:17:08	0:52:19	0:03:16	0:10:09
Nº 4	22:22:45	23:48:49	1:26:04	0:05:23	0:16:42
Nº 6	23:04:08	0:43:05	1:38:57	0:06:11	0:19:12
Nº 11	17:24:28	18:25:28	1:01:00	0:03:49	0:11:50
Nº 13	15:14:07	17:00:46	1:46:39	0:06:40	0:20:41
Nº 15	14:49:40	15:39:08	0:49:28	0:03:06	0:09:36
Nº 20	14:57:53	16:49:40	1:51:47	0:06:59	0:21:41
Nº 23	21:47:32	23:54:59	2:07:27	0:07:58	0:24:43
Nº 22	17:46:28	19:09:13	1:22:45	0:05:10	0:16:03
Nº 14	18:14:38	23:25:08	5:10:30	0:19:24	1:00:14
Nº 19	14:59:16	16:25:52	1:26:36	0:05:25	0:16:48
Promedio			1:36:42	0:06:03	0:18:45
Máximo			5:10:30	0:19:24	1:00:14
Mínimo			0:49:28	0:03:06	0:09:36

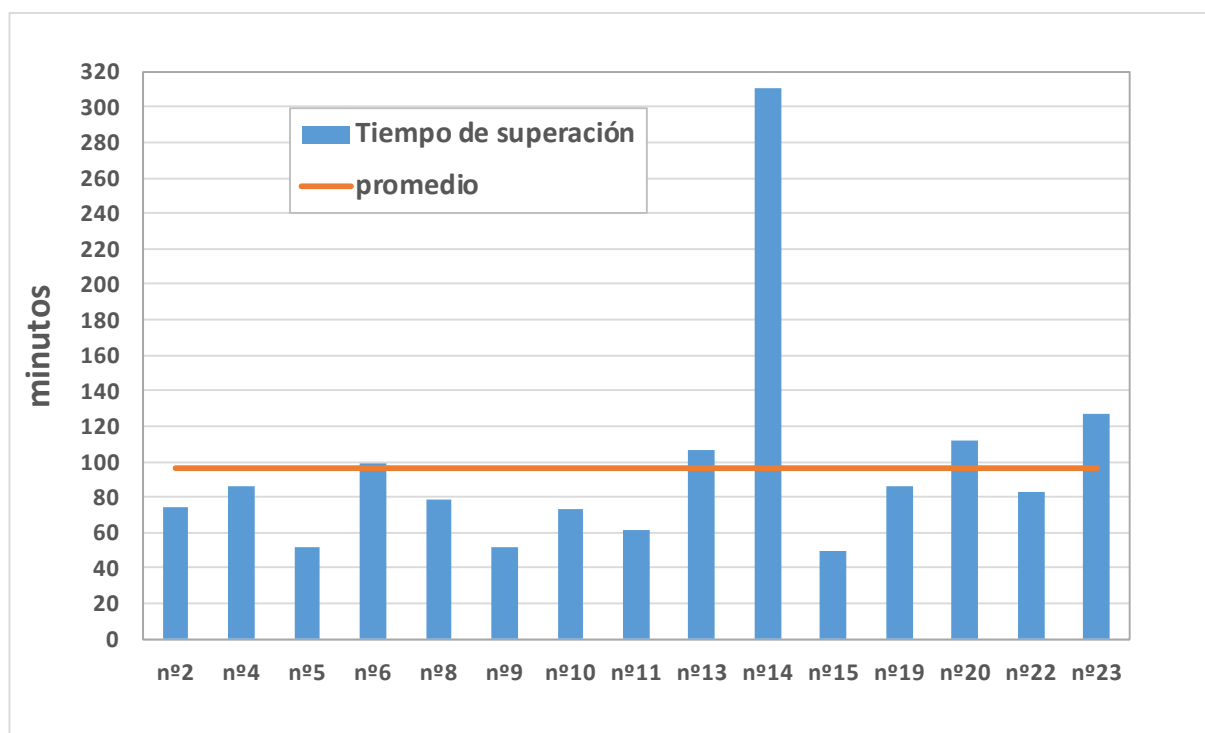


Figura 7. Tiempo empleado en superar la escala por 15 truchas y tiempo medio en base a la última detección registrada en la antena 1 (entrada) y la primera detección registrada en la antena 2 (salida) en la escala de la C.H. Bertxin.

7.2.2. PASOS Y CAUDALES

No se cuenta con mediciones de caudal diarias en el interior de la escala, aunque el dato correspondiente al caudal medio diario del río Leitzaran¹, ofrece una valoración indirecta al respecto. Asimismo, el caudal circulante por el río es un parámetro imprescindible para valorar en qué rango de caudales funciona correctamente el dispositivo de paso.

En el transcurso de las 22 jornadas de seguimiento, desde el 28/10/2016 hasta el 18/11/2016, se observan dos principales periodos, relacionados tanto con el paso de las truchas a través de la escala como con los caudales circulantes en el río Leitzaran (Tabla 4, Figuras 4, 5 y 8):

En un primer periodo de 9 jornadas, entre los días 28 de octubre y 5 de noviembre, se producen todos los intentos de superar la escala (Tabla 4). Las 16 truchas que logran superarla lo hacen con caudales similares, con un rango de entre 0,609-0,761 m³/s, y con un valor medio de 0,703 m³/s para la totalidad de las 6 jornadas en las que las truchas atraviesan la escala con éxito. Este rango de caudales corresponde a los caudales clasificados Q93-Q97, es decir, estos caudales se supera entre el 93-97% de las jornadas durante el año. Los dos ejemplares que no logran superar la escala en este primer periodo lo intentan con caudales variables. Uno de ellos (nº 17) intenta superarla con un caudal bajo (0,716 m³/s) en fecha 30/10/2016, mientras que el segundo (nº 18) lo intenta con un caudal medio diario del río Leitzaran superior al resto de caudales registrados hasta el momento, con 2,127 m³/s en fecha 05/11/2016. Este último caudal corresponde a un Q58, es decir, se supera el 58% de las jornadas durante el año.

A partir de esta jornada del día 5 de noviembre, en la que se registra el último y fallido intento de superar la escala, el caudal del río Leitzaran aumenta significativamente y en un segundo periodo, correspondiente a las restantes 13 jornadas de seguimiento, no se registran intentos de superarla, o al menos los ejemplares que lo hubieran intentado no alcanzan a remontar hasta la antena 1, situada en la escotadura entra la 2ª y 3ª artesa de la escala. En este segundo periodo de seguimiento, el caudal medio es muy superior al periodo anterior, con un valor de 7,404 m³/s y un rango de entre 3,654-13,825 m³/s. El caudal medio de este periodo corresponde a un Q16 y el rango de caudales estaría entre Q5-Q37.

¹ Serie de caudales 1995-2016 con origen en la estación de aforo del río Leitzaran de la Diputación Foral de Gipuzkoa, Departamento de Obras Hidráulicas.

Tabla 4. Caudal medio diario (m^3/s) en el río Leitzaran durante las jornadas en las cuales las truchas superan y no logran superar la escala de la C.H. Bertxin.

SUPERAN LA ESCALA				NO SUPERAN LA ESCALA			
Truchas (n)	Fecha	Caudal (m^3/s)	Caudal clasificado	Truchas (n)	Fecha	Caudal (m^3/s)	Caudal clasificado
1	28/10/2016	0,761	Q93	1	30/10/2016	0,716	Q94
8	29/10/2016	0,748	Q93	1	05/11/2016	2,127	Q58
4	30/10/2016	0,716	Q94				
1	31/10/2016	0,715	Q94				
1	02/11/2016	0,670	Q95				
1	04/11/2016	0,609	Q97				
Promedio:		0,703	Q95			1,422	Q73
Máximo:		0,761	Q93			2,127	Q58
Mínimo:		0,609	Q97			0,716	Q94

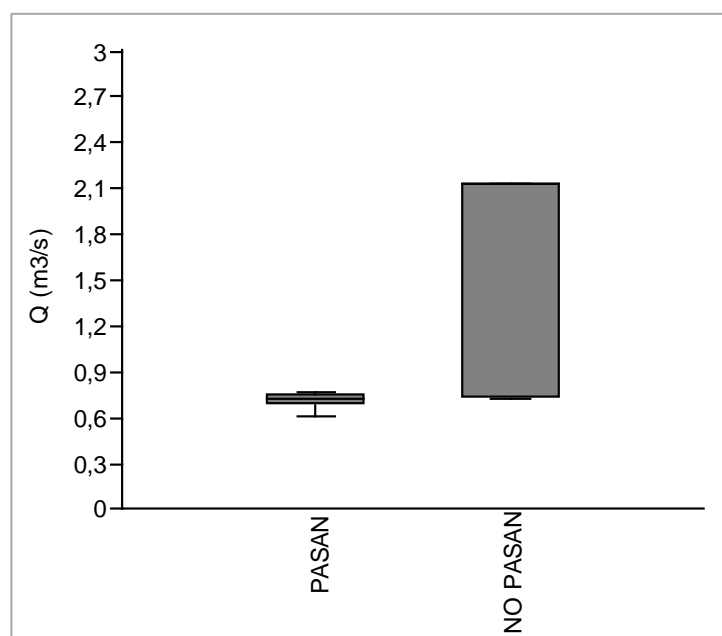


Figura 8. Caudal medio diario (m^3/s) del río Leitzaran durante las jornadas en las que se registran los pasos de trucha e intentos fallidos a través de la escala de la C.H. Bertxin.

7.2.3. DISTRIBUCIÓN HORARIA DETECCIONES - MIGRACIÓN

A partir de las detecciones registradas en las 2 antenas de la escala de la C.H. Bertxin, se conoce el momento exacto y la franja horaria en la que se desplazan o migran las truchas (Tabla 5, Figura 9). Para ello se cuenta con un total de 57 detecciones de trucha en la escala, correspondientes a intentos de remonte únicamente, no se tienen en cuenta algunas detecciones registradas en la antena 2 (salida de la escala) con origen en ejemplares que habían remontado la escala anteriormente y merodean la zona posteriormente o buscan refugio en ella.

La migración de remonte de las truchas acontece principalmente en la franja diurna, el 79% de las detecciones (n= 45) se registran entre las 8 de la mañana y las 7 de la tarde, aunque la mayor parte de ellas, el 67% (n=38) se registran desde el mediodía hasta el atardecer, entre las 14:00 y 19:00 horas. Estos resultados coinciden con los obtenidos en estudios anteriores de permeabilidad realizados en el río Urumea con reproductores de trucha y salmón en el ámbito del proyecto BIDUR (Ekolur-DFG-HAZI, 2012).

Tabla 5. Distribución diaria de las detecciones de truchas marcadas en la escala de la C.H. Bertxin.

Actividad-detecciones	Nº	%
Franja diurna (8:00-19:00)	45	79
Franja nocturna (21:00-00:00):	12	21
Total	57	

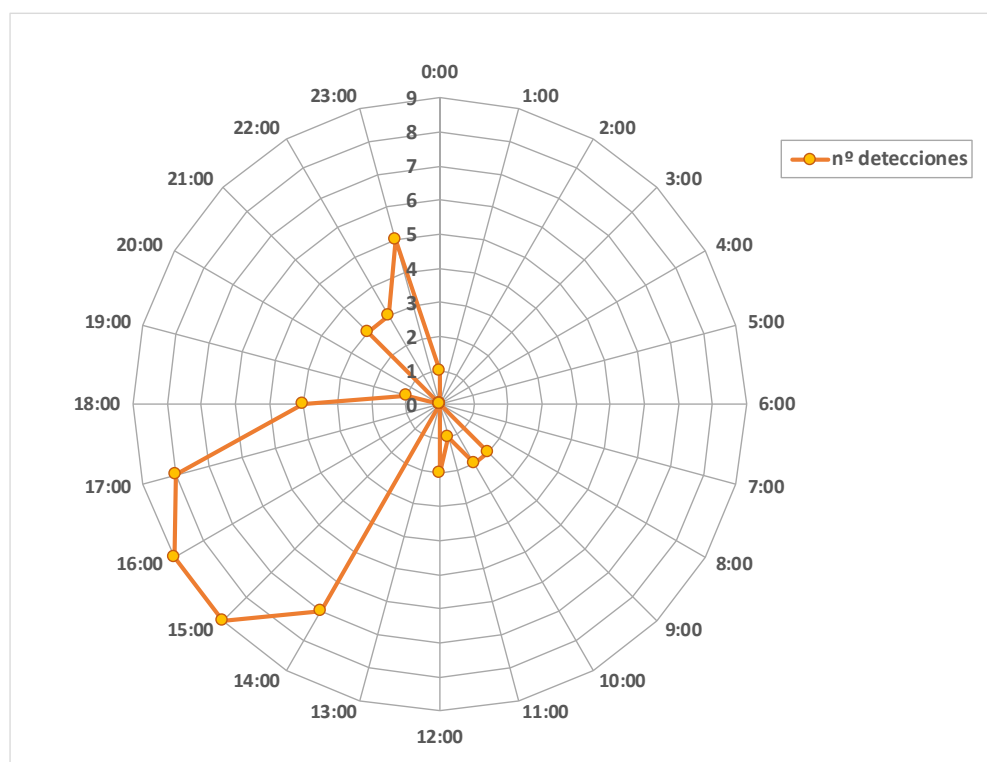


Figura 9. Distribución diaria de las detecciones de truchas marcadas en la escala de la C.H. Bertxin.

7.3. EFICACIA

7.3.1. EFICACIA DEL DISPOSITIVO DE PASO

De un total de 18 ejemplares que intentan remontar la escala o son detectados en su interior, son 16 los ejemplares que la superan en su totalidad, por lo que la **eficacia de la escala o dispositivo de paso de la C.H. Bertxin es del 89%** (Tabla 6).

7.3.2. EFICACIA DE LA LLAMADA

Respecto a la eficacia de la llamada o atracción que ejerce la escala a la salida aguas abajo del azud de la C.H. Bertxin, de un total de 25 truchas marcadas y liberadas aguas abajo, son 18 los ejemplares que logran acceder a la escala, por lo que la **eficacia de la llamada es del 72%** (Tabla 5).

7.3.3. EFICACIA TOTAL

De un total de 25 truchas marcadas para seguimiento, son 16 los ejemplares que remontan o superan la escala, por lo que la **eficacia total es del 64%** (Tabla 5).

Tabla 6. Eficacia del dispositivo de paso, eficacia de la llamada y eficacia total.

EFICACIA	Nº Truchas
Intentos	18
Pasos	16
Eficacia del dispositivo:	89%
Marcadas	25
Detectadas en la escala	18
Eficacia de la llamada:	72%
Marcadas	25
Superan la escala	16
Eficacia total:	64%

7.3.4. CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS

A continuación, se incluyen los resultados correspondientes a las características biométricas de las truchas marcadas, la fracción que supera el dispositivo de paso y la que no la supera.

No se observan diferencias significativas en la longitud media de las truchas marcadas, las que superan el paso y las que no logran superarlo, grupo último que incluye también a los ejemplares que no han sido detectados en la escala (Anova; d.f.=2; p=0,216), con una longitud media de entre 230 mm y 246 mm para los 3 grupos (Tabla 7-Figura 10). Tampoco se observan diferencias significativas en la condición media de los 3 grupos (Anova; d.f.=2; p=0,796).

La velocidad de natación para una misma especie depende esencialmente de la longitud del pez y de la temperatura (Larinier et al., 2002). Si se tiene en cuenta que la temperatura del agua no varía significativamente durante las 6 jornadas de paso de truchas (entre 12,1-13,9 °C), las truchas de mayor talla podrían superar la escala en menor tiempo. En el caso del seguimiento realizado, y a excepción del ejemplar nº 14, que emplea 5 horas en superar la escala, no se observa una relación significativa en el tiempo empleado en superar la escala y la longitud de las truchas ($r^2=0,187$; p=0,123), aunque se observa cierta tendencia al respecto (Figura 11). Este resultado quizá esté también motivado por el reducido tamaño de muestra y a la ausencia de truchas marcadas con talla superior a 30 cm.

Tabla 7. Longitud y coeficiente de condición de las truchas marcadas, las que superan la escala y las que no la superan

Grupo	Nº Truchas	Longitud (mm)		Condición (K)	
		Media \pm	Rango	Media \pm	Rango
Marcadas	25	240 \pm 22	208-296	1,06 \pm 0,08	0,83-1,20
Pasan	16	246 \pm 24	219-296	1,06 \pm 0,09	0,83-1,20
No pasan	9	230 \pm 16	208-256	1,08 \pm 0,07	0,97-1,19

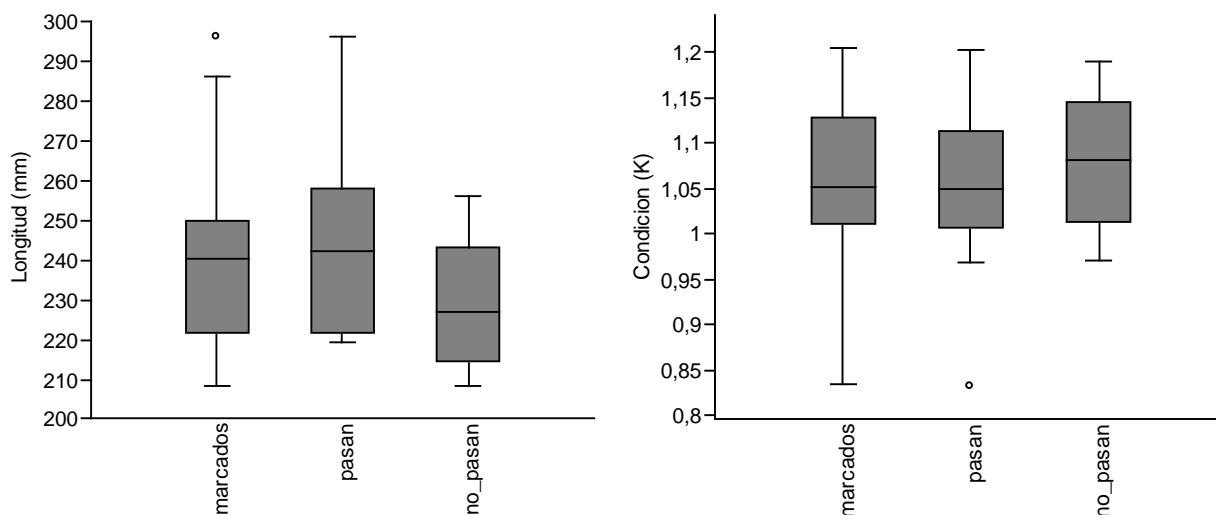


Figura 10. Diagrama de cajas de la longitud furcal (izquierda) y coeficiente de condición (derecha) de las truchas marcadas, las que superan el dispositivo y las que no la superan o pasan.

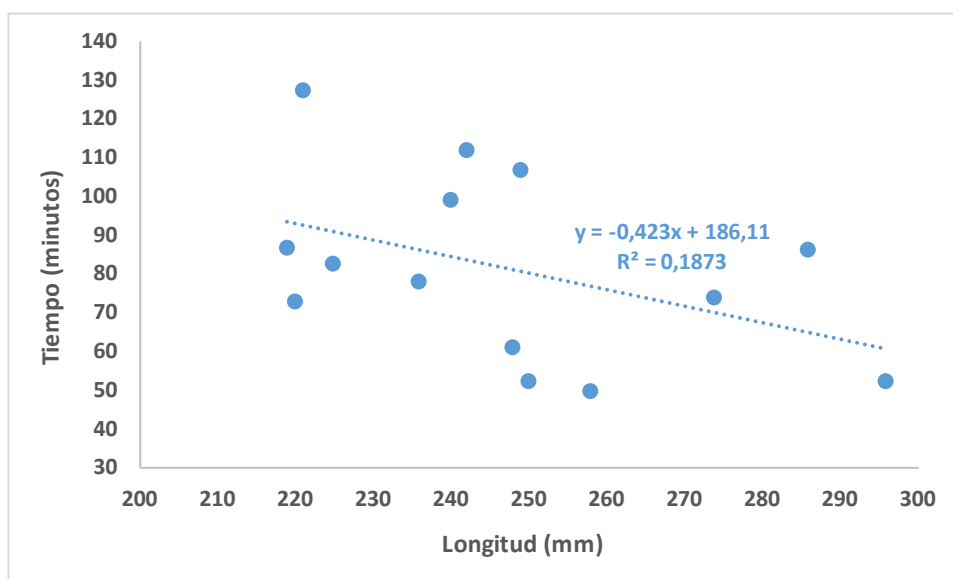


Figura 11. Relación entre la longitud furcal de las truchas y el tiempo empleado en superar la escala de la C.H. Bertxin.

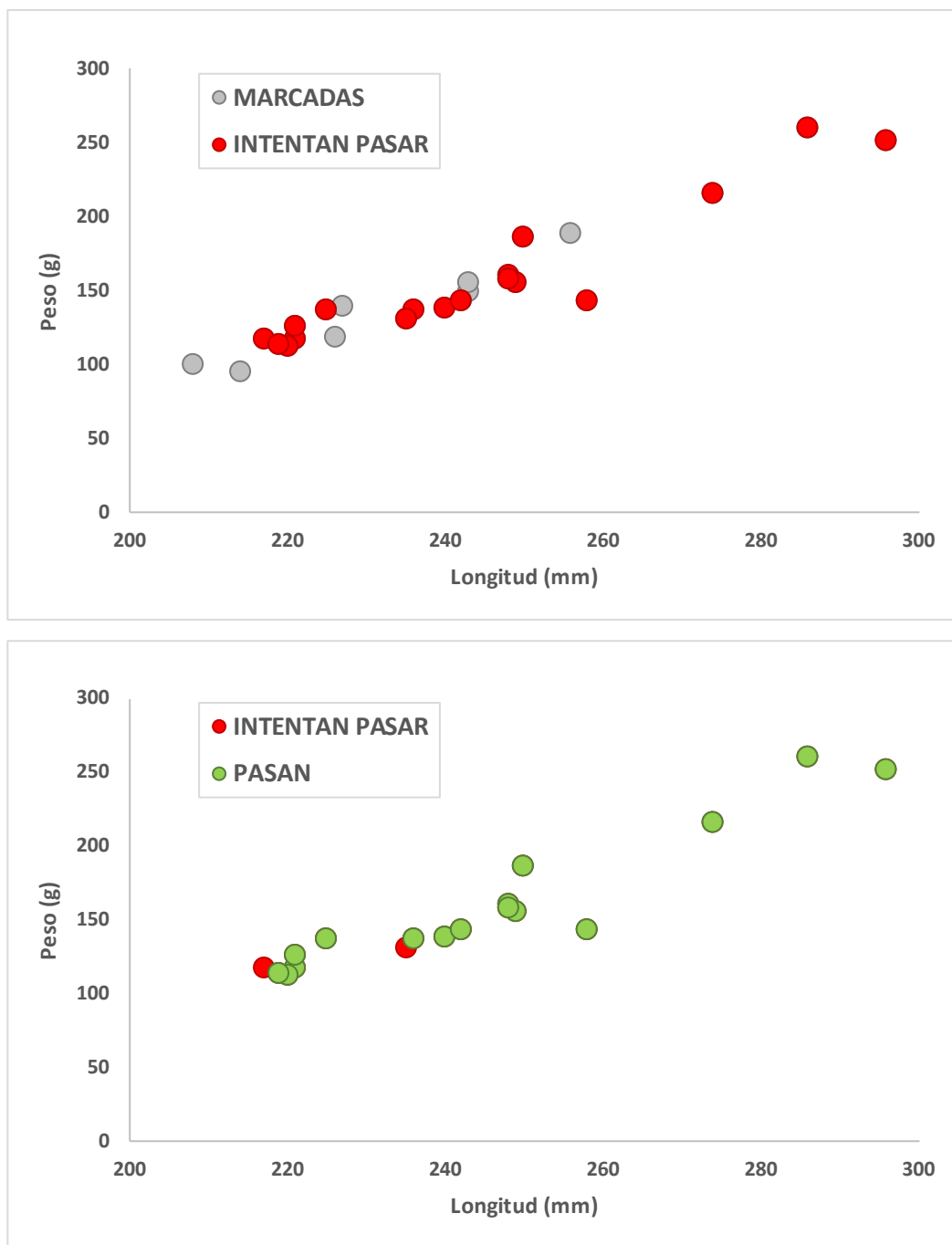


Figura 12. Relación talla-peso de las truchas marcadas (puntos grises arriba), la fracción que intenta superar la escala (puntos rojos abajo) y la que logra superarla.

8. DISCUSION Y CONCLUSIONES

El seguimiento realizado para evaluar la eficacia del dispositivo de paso o escala de la C.H. Bertxin se realiza durante el periodo prereproductor y reproductor, el de mayor actividad y movilidad de las truchas (*Salmo trutta*), especie objeto de estudio y dominante o más abundante en el tramo, lo que aumenta la probabilidad de que éstos se desplacen río arriba e intenten superar la escala objeto de estudio. Otras especies que conforman la comunidad son el salmón (*Salmo salar*), la anguila (*Anguilla anguilla*), la locha (*Barbatula quignardi*) y el ezkailu (*Phoxinus phoxinus*). Aunque el estudio se realiza con la trucha, especie más abundante y representativa de la comunidad, un buen funcionamiento de este tipo de escala de artesas sucesivas (con escotaduras alternas y orificios sumergidos) resulta adecuado para la mayor parte de las especies y permite el paso en aguas muy bajas o de estiaje a través de los orificios de fondo o sumergidos. Asimismo, ante la creencia existente hasta la fecha, relativa a una menor capacidad natatoria de los ciprínidos frente a los salmónidos, estudios recientes señalan que otras especies distintas a los salmónidos son tan buenas nadadoras como las especies de salmónidos (Castro-Santos, 2005; Pompeu and Martinez 2007; Castro-Santos et al., 2013; Sanz-Ronda et al., 2015, Sanz-Ronda et al., 2016).

El periodo de seguimiento en campo con el sistema de detección activado en la escala abarca un total de 22 jornadas, durante las cuales superan la escala 16 truchas de 18 ejemplares que lo intentan, o que son detectados en la antena 1 de acceso (en la escotadura entre la 2ª y 3ª artesa). A priori, este resultado, relativo a **la eficacia del dispositivo o escala es adecuado, corresponde a una eficacia del 89%**. Asimismo, las truchas parecen acceder a la escala con facilidad, el número de intentos o detecciones a la entrada y salida de la misma es bajo, no se observan diferencias en las características biométricas de las truchas que superan y las que no logran superar la escala y el tiempo que emplean las truchas para superar la escala se encuentra en consonancia con el desnivel o altura a superar y es similar al observado en similares trabajos y distintas especies (Sanz-Ronda et al., 2016; F.J. Sanz-Ronda pers. comm.).

Sin embargo, las truchas superan o intentan superar la escala al inicio del seguimiento, en un periodo con caudales muy bajos que comprende un total de 9 jornadas. En las siguientes 13 jornadas de seguimiento el caudal del Leitzaran aumenta notablemente y no se registra ninguna detección en el interior de la escala, a pesar de que aún faltaban 7 truchas por intentar superar la escala (dos ya lo habían intentado sin éxito en el periodo anterior).

El objetivo para cualquier dispositivo de paso debería ser (Larinier et al. 2002; Hefti D. 2012), que éste funcionara correctamente durante el periodo en el que los caudales circulantes en el cauce se encuentran entre caudales bajos (Q90) y aproximadamente 2-2,5 veces el caudal medio diario anual (en el caso del Leitzaran corresponde a Q8 Y Q11 respectivamente). Este rango de caudales clasificados en los que se

considera que el dispositivo de paso debería funcionar correctamente (Q90-Q11) corresponde a un rango de caudal medio diario en el río Leitzaran de entre 0,844 m³/s y 11,830 m³/s, si se tiene en cuenta que el caudal medio diario anual en este río es de 4,732 m³/s. Por tanto, el paso de las truchas corresponde a un periodo de caudales bajos, de estiaje, los cuales se sitúan incluso por debajo de este rango de caudales considerados para la evaluación. El segundo periodo de seguimiento, durante el cual no se registra detección alguna de trucha en la escala, sí se encuentra dentro de este rango de caudales (Q5-Q37), aunque se registran 4 jornadas con un caudal medio diario por encima del límite superior de este rango (entre 10,1-13,8 m³/s). En todos los casos, los caudales circulantes estimados son superiores a los reales, ya que no tienen en cuenta la derivación que ejerce el azud de la C.H. Bertxin en este punto, por lo que el límite superior de caudal correspondiente al rango de evaluación considerado sería incluso algo superior.

Se desconoce, por tanto, el funcionamiento o eficacia de la escala con caudales superiores. Asimismo, se desconoce si los ejemplares que se localizaban aguas abajo en el periodo de aguas altas han intentado acceder a la escala o no, ya que la técnica de seguimiento empleada era pasiva y en esta ocasión no se ha empleado el radioseguimiento, lo cual permitiría localizar a estos ejemplares y saber si merodean la zona en dicho periodo o si realizan desplazamientos de acercamiento o no en jornadas con caudal más favorable. A este respecto, **la eficacia de la llamada es del 72%**, localizan la escala el 72% de las truchas marcadas y aunque realmente se desconoce la localización exacta de los ejemplares que no habían superado el paso, es extraño que no se haya registrado el intento de algún ejemplar, lo cual puede estar en relación con una menor atracción de la llamada en periodos con caudales superiores. En el Anexo III se incluyen fotografías en la que se observa la escala de la C.H. Bertxin con un rango variable de caudales en el río Leitzaran, así como la configuración de la llamada en dichas condiciones.

Por tanto, a la hora de evaluar la eficacia de este paso, no se debería tener en cuenta únicamente la eficacia correspondiente a la escala o dispositivo, sino que debería ser tenida en cuenta también la llamada que ejerce, por lo que **la eficacia total que se obtiene es del 64%**, superan la escala 16 truchas de un total de 25 marcadas. La eficacia del paso y la eficacia de la llamada, son ambas relevantes, pero a la hora de evaluar el funcionamiento de un paso el parámetro determinante es la eficacia total. Un dispositivo de paso con baja eficacia de llamada y alta eficacia de paso para determinada especie puede ser tan funcional como un dispositivo con elevada eficacia de llamada y baja eficacia de paso.

Por otra parte, si se tiene en cuenta que en el río Leitzaran además de los 5 azudes objeto de seguimiento o evaluación en el proyecto LIFE IREKIBAI, se localizan otros 5 principales obstáculos (Tabla 1; Figura 1), el efecto acumulativo de todos ellos puede suponer que el acceso a tramos medios y altos sea muy difícil y que aunque se logre, el retraso sea notable y no coincidan con la ventana temporal óptima en relación con el ciclo vital de las especies implicadas (principalmente reproducción). A este respecto, se considera que para

restaurar la conexión de tramos en ríos fragmentados para las especies diádromas (en nuestro caso principalmente, trucha salmón y anguila, aunque sin descartar el sábalo y la lamprea), se requiere una eficacia de paso del 90% o superior para cada obstáculo, con el objetivo de evitar la pérdida acumulativa de reproductores en sucesivos obstáculos (Lucas & Baras, 2001).

Los resultados obtenidos tienen origen en una única campaña de seguimiento y se ha empleado una técnica de seguimiento mediante telemetría (detección pasiva con marcas pit), por lo que sería recomendable recopilar un mayor número de datos en futuras campañas con un periodo de seguimiento más prolongado y mayor variedad en las condiciones hidrológicas. Asimismo, sería recomendable ampliar el área de estudio y combinar las técnicas de seguimiento mediante radioseguimiento y detección pasiva, lo cual aportaría información relativa al comportamiento de los ejemplares marcados y mejoraría la calidad de la información utilizada para valorar la funcionalidad del paso.

9. BIBLIOGRAFIA

- Aigoui f. & Dufour m., 2008. Guide passe à poissons. Voies navigables de France, Division Restauration et Développement du Réseau
- Baras E. & Lagardère J.P. (1995) Fish telemetry in aquaculture: review and perspectives. *Aquaculture International* 3, 77-102.
- Bunt, C. M., T. Castro-Santos & A. Haro. 2012. Performance of fish passage structures at upstream barriers to migration. *River Research and Applications*, 28: 457-478.
- Castro-Santos T., 2005. Optimal swim speeds for traversing velocity barriers: an analysis of volitional high-speed swimming behavior of migratory fishes. *J. Exp. Biol.*, 208, 421–432
- Castro-Santos, T., Cotel, A., Webb, P.W., 2009. Fishway evaluations for better bioengineering—an integrative approach. In: Haro, A.J., Smith, K.L., Rulifson, R.A., Moffit, C.M., Klauda, R.J., Dadswell, M.J., Cunjak, R.A., Cooper, J.E., Beal, K.L., Avery, T.S. (Eds.), *Challenges for diadromousfishes in a dynamic global environment*. American Fisheries Society Symposium 69. American Fisheries Society, Bethesda, MD, pp. 557–575.
- Castro-Santos T. and Vono V., 2013. Posthandling Survival and PIT Tag Retention by Alewives-A Comparison of Gastric and Surgical Implants. *N. Am. J. Fish. Manage.*, 33, 790–794.
- Garcia de Leániz C. (2008) Weir removal in salmonid streams: implications, challenges and practicalities. *Hydrobiologia* 609, 83-96.
- Ekolur SLL, Diputación Foral de Gipuzkoa, 2008. Seguimiento de la eficacia de dispositivos de paso para fauna piscícola en obras realizadas por la Diputación Foral de Gipuzkoa. EKOLUR Asesoría Ambiental SLL., Diputación Foral de Gipuzkoa, Dpto. de Desarrollo Sostenible.
- Ekolur SLL, Diputación Foral de Gipuzkoa, 2009. Estudio de permeabilidad a la migración de la ictiofauna de estaciones de aforo tipo V-flat en ríos del Territorio Histórico de Gipuzkoa. EKOLUR Asesoría Ambiental, SLL. Diputación Foral de Gipuzkoa, Dpto. de Desarrollo Sostenible.
- Ekolur, Diputación Foral de Gipuzkoa, IKT S.A., 2012. Estudio de movimientos ascendente y descendente de las poblaciones de peces en el río Urumea. Proyecto “BIDUR”: Gestión transfronteriza compartida de las cuencas de los ríos Bidasoa y Urumea (POCTEFA INTERREG IV A 2007-2013). EKOLUR Asesoría Ambiental SLL., Diputación Foral de Gipuzkoa (IKT SA.), Gobierno de Navarra (GAVRN S.A.) (2010-2011 Consejo General de los Pirineos Atlánticos).
- Gosset C., Rives J., Labonne J. 2006. Anesthésie et procédures chirurgicales pour l’implantation de radio émetteurs dans la cavité ventrale de truites communes adultes (*Salmo trutta*). *Bull. Fr. Pêche Piscic.* (2005) 374: 21-34.

- Hart, D. D., T. E. Johnson, K. L. Bushaw-Newton, R. J. Horwitz, A. T. Bednarek, D. F. Charles, D. A. Kreeger & D. J. Velinsky, 2002. Dam removal: Challenges and opportunities for ecological research and river restoration. *BioScience* 52: 669–681.
- Hefti D. 2012: Migration du poisson vers l'amont et vers l'aval à la hauteur des ouvrages hydroélectriques. Check-list Best practice. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement no 1210: 79 S.
- Kondolf, G. M., 2000. Assessing salmonid spawning gravel quality. *Transactions of the American Fisheries Society* 129: 262–281.
- Kondolf, G. M., 2001. Historical changes to the San Francisco bay-delta watershed: Implications for ecosystem restoration. In Nijland, H. J. & M. J. R. Cals (eds), *River Restoration in Europe*. Conference on River Restoration, Practical Approaches Riza Rapport Nr.: 2001.023: 327–338.
- Larinier, M., 2001. Environmental issues, dams and fish migration. In Marmulla, G. (ed.), *FAO Fisheries Technical Paper 419. Dams, Fish and Fisheries. Opportunities, Challenges and Conflict Resolution*. FAO, Rome: 45–89.
- Larinier, M., Travade, F., Porcher., 2002: Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. *Bull. Fr. Peche Piscic.*, 364 suppl., 208p.
- Lucas, M.C., Baras, E., 2001. *Migration of Freshwater Fishes*. Blackwell Science, Oxford. 440 p.
- Pompeu P. and Martinez C.B., 2007. Swimming performance of the migratory Neotropical fish *Leporinus reinhardti* (Characiformes:Anostomidae). *Neotrop. Ichthyol.*, 5, 139–146.
- Sanz-Ronda F.J., Ruiz-Legazpi J., Bravo-Córdoba F.J., Makrakis S. and Castro-Santos T., 2015. Sprinting performance of two Iberian fish: *Luciobarbus bocagei* and *Pseudochondrostoma duriense* in an open channel flume. *Ecol. Eng.*, 83, 61–70.
- Sanz-Ronda F.J., Bravo-Córdoba F.J., Fuentes-Pérez J.F. and Castro-Santos T., 2016. Ascent ability of brown trout, *Salmo trutta*, and two Iberian cyprinids – Iberian barbel, *Luciobarbus bocagei*, and northern straight-mouth nase, *Pseudochondrostoma duriense* – in a vertical slot fishway. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 417, 10.
- Zitek, A., S. Schmuth & M. Jungwirth 2008. Assessing the efficiency of connectivity measures with regard to the EU-Water Framework Directive in a Danube-tributary system. *Hydrobiologia*, 609: 139–161.

ANEXO I. Azud y escala de la C.H. Bertxin, sistema de detección y marcaje de truchas.



Figura 1. Azud de la C.H. Bertxin y dispositivo de paso para peces (escala de artesas sucesivas) en margen derecha.



Figura 2. Azud de la C.H. Bertxin y toma o canal de derivación en margen derecha.



Figura 2. Llamada clara de la escala en caudales bajos y primeras artesas. $Q= 1,383 \text{ m}^3/\text{s}$; Q73.



Figura 3. Detalle de la llamada con caudales bajos. $Q= 0,609 \text{ m}^3/\text{s}$; Q97.



Figura 4. $Q= 11,709 \text{ m}^3/\text{s}$; Q8. Llamada oculta.



Figura 5. $Q= 10,137 \text{ m}^3/\text{s}$; Q10. Llamada oculta.



Figura 6. Artesas de la parte media de la escala con mayor y menor caudal y régimen turbulento.



Figura 7. Artesas de la parte superior o salida de la escala.



Figura 8. CPU del sistema de detección (CIPAM) instalado junto a la escala y alimentación a 12 V.



Figura 9. Antenas de detección; Antena 1 (izquierda) y Antena 2 (derecha).



Figura 10. Inserción de marca pit a reproductor de trucha: mesa de trabajo y detalle de trucha anestesiada con marca pit a punto de inserción.

ANEXO II. Detecciones registradas en la escala de la C.H. Bertxin

Antena	Código pit	Fecha	Hora	Antena	Código pit	Fecha	Hora
01	A81011D	28/10/2016	21:54:53	02	A810115	31/10/2016	15:59:35
01	A81011D	28/10/2016	21:59:18	02	A810115	31/10/2016	16:09:45
01	A81011D	28/10/2016	22:12:55	02	A810115	31/10/2016	16:23:04
01	A81011D	28/10/2016	22:16:13	02	A810115	31/10/2016	16:23:11
01	A81011D	28/10/2016	22:22:45	01	A810122	02/11/2016	18:14:38
02	A81011D	28/10/2016	23:48:49	02	A810122	02/11/2016	23:25:08
02	A81011D	28/10/2016	23:55:06	01	A810111	04/11/2016	14:59:16
01	A81011E	28/10/2016	23:04:08	02	A810111	04/11/2016	16:25:52
01	A810110	29/10/2016	17:32:25	02	A810111	04/11/2016	16:32:02
01	A810110	29/10/2016	17:34:53	02	A810111	04/11/2016	16:32:18
02	A810110	29/10/2016	18:48:44	01	A810125	05/11/2016	14:26:54
01	A810114	29/10/2016	15:23:38	01	A810125	05/11/2016	14:27:56
02	A810114	29/10/2016	16:15:55	01	A810125	05/11/2016	14:33:38
01	A81011A	29/10/2016	9:20:13	01	A810125	05/11/2016	15:07:56
01	A81011A	29/10/2016	9:24:49	02	A81010D	08/11/2016	17:39:42
02	A81011A	29/10/2016	10:17:08	02	A810124	08/11/2016	21:02:58
02	A81011A	29/10/2016	10:19:18	02	A810124	08/11/2016	21:03:11
02	A81011E	29/10/2016	0:43:05	02	A810124	08/11/2016	21:03:57
01	A81011F	29/10/2016	17:23:21	02	A810124	09/11/2016	8:09:26
01	A81011F	29/10/2016	17:24:28	02	A810124	09/11/2016	8:10:20
02	A81011F	29/10/2016	18:25:28				
01	A810121	29/10/2016	15:14:07				
02	A810121	29/10/2016	17:00:46				
02	A810121	29/10/2016	17:06:13				
02	A810121	29/10/2016	17:06:34				
01	A810124	29/10/2016	14:49:40				
02	A810124	29/10/2016	15:39:08				
01	A81012B	29/10/2016	17:46:28				
02	A81012B	29/10/2016	19:09:13				
01	A810108	30/10/2016	11:10:49				
02	A810108	30/10/2016	12:23:38				
02	A810108	30/10/2016	12:24:10				
01	A81010D	30/10/2016	16:59:56				
02	A81010D	30/10/2016	18:18:04				
01	A810126	30/10/2016	14:51:23				
01	A810126	30/10/2016	14:57:53				
02	A810126	30/10/2016	16:49:40				
01	A810129	30/10/2016	15:18:20				
01	A810129	30/10/2016	15:34:19				
01	A81012A	30/10/2016	21:47:32				
02	A81012A	30/10/2016	23:54:59				
02	A810115	31/10/2016	15:47:11				
02	A810115	31/10/2016	15:58:48				