Estudio de eficacia de los dispositivos de paso para peces de la C.H. Ameraun y C.H. Plazaola en el río Leitzaran (cuenca del Oria)

LIFE IREKIBAI (N10/16-SE/N)

Memoria Año 2019

SUMARIO

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES **1**
2. OBJETIVO **4**
3. ÁREA DE ESTUDIO **5**
4. DISPOSITIVO DE PASO – CH AMERAUN Y CH PLAZAOLA **7**
5. PERIODO DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN **12**
6. METODOLOGÍA **13**
7. RESULTADOS – CH AMERAUN **16**
   - 7.1. TRUCHAS MARCADAS PARA SEGUIMIENTO 16
   - 7.2. ABUNDACIA Y DISTRIBUCIÓN DE PASOS E INTENTOS DE PASO 17
     - 7.2.1. INTENTOS DE PASO FALLIDOS 20
     - 7.2.2. ESFUERZO – TIEMPOS DE PASO 35
     - 7.2.3. PASOS Y CAUDALES 39
     - 7.2.4. DISTRIBUCIÓN HORARIA DETECCIONES - MIGRACIÓN 41
   - 7.3. EFICACIA 42
   - 7.4. CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS 43
   - 7.5. RADIOSEGUIMIENTO Y DESPLAZAMIENTOS 45
8. RESULTADOS – CH PLAZAOLA **47**
   - 8.1. TRUCHAS MARCADAS PARA SEGUIMIENTO 47
   - 8.2. ABUNDACIA Y DISTRIBUCIÓN DE INTENTOS DE PASO 48
     - 8.2.1. INTENTOS DE PASO FALLIDOS 50
     - 8.2.1. ESFUERZO – TIEMPOS DE PASO 62
     - 8.2.2. DISTRIBUCIÓN HORARIA DETECCIONES - MIGRACIÓN 64
   - 8.3. EFICACIA 65
   - 8.1. CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS 66
   - 8.2. RADIOSEGUIMIENTO Y DESPLAZAMIENTOS 67
9. DISCUSION Y CONCLUSIONES **69**
   - 9.1. ESCALA C.H. AMERAUN 69
   - 9.2. ESCALA C.H. PLAZAOLA 71
   - 9.3. SÍNTESIS Y PROPUESTAS DE ACTUACIÓN – ACCIÓN D10 IREKIBAI 72
10. BIBLIOGRAFIA **77**

ANEXO I. Azud y escala de la C.H. Ameraun, sistema de detección.

ANEXO II. Azud y escala de la C.H. Plazaola, sistema de detección y marcas utilizadas.

EQUIPO DE TRABAJO

DIRECCIÓN

- IÑIGO MENDIOLA (*DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA, DEPARTAMENTO DE PROMOCION ECONOMICA, TURISMO Y MEDIO RURAL/ GIPUZKOAKO FORU ALDUNDIA, EKONOMIA SUSTAPENEKO, TURISMOKO ETA LANDA INGURUNEKO DEPARTAMENTUA*)
- AITOR LEKUONA (*DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA, DEPARTAMENTO DE PROMOCION ECONOMICA, TURISMO Y MEDIO RURAL/ GIPUZKOAKO FORU ALDUNDIA, EKONOMIA SUSTAPENEKO, TURISMOKO ETA LANDA INGURUNEKO 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*)
- XABIER VEGAS (*EKOLUR ASESORÍA AMBIENTAL/INGURUMENA AHOLKULARITZA SLL*)

AGRADECIMIENTOS:

A las centrales hidroeléctricas de Ameraun y Plazaola que proporcionaron sus instalaciones y toma eléctrica para la instalación y funcionamiento del sistema de detección automática en las escalas de ambos azudes.

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, hidraúlicos 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 su construcción, 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 ha realizado

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 dos de ellos, los dispositivos de paso (escalas de artesas sucesivas) de la C.H. Ameraun y C.H. Plazaola en el río Leitzaran, realizado en 2019.**

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 2019 es el de evaluar la funcionalidad de los dispositivos de paso (escalas de artesas sucesivas) de la CH Ameraun y CH Plazaola.

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 km^2, de los cuales 68 km^2 corresponden a la provincia de Gipuzkoa y los restantes 55 km^2 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 Garaikoerrota, 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 durante los años 2018 y 2019 se ha demolido el azud de la CH Oioki en el ámbito del proyecto LIFE IREKIBAI.

De los 5 pasos objeto de seguimiento en el LIFE IREKIBAI, las escalas de artesas sucesivas de los azudes de la C.H. Ameraun y CH Plazaola, serían los dos últimos pasos objeto de evaluación o seguimiento comenzando desde aguas abajo, situados a 25 km y 29 km respectivamente 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 Garaikoerrota	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	Esclusa	En estudio
C.H. Bertxin	5,8	7,6	Artesas sucesivas	Buena/Regular
C.H. Olloki*	--	12,5		Buena
C.H. Leitzaran (Iberdrola)	2,0	20,0	Artesas sucesivas	Regular
Estación Aforo C.H. Ameraun	0,9	24,7	NO	Buena
C.H. Ameraun	4,7	24,8	Artesas sucesivas	Desconocida
C.H. Plazaola Nº 1	3,1	29,2	Artesas sucesivas	Desconocida

*Demolida entre 2018 y 2019

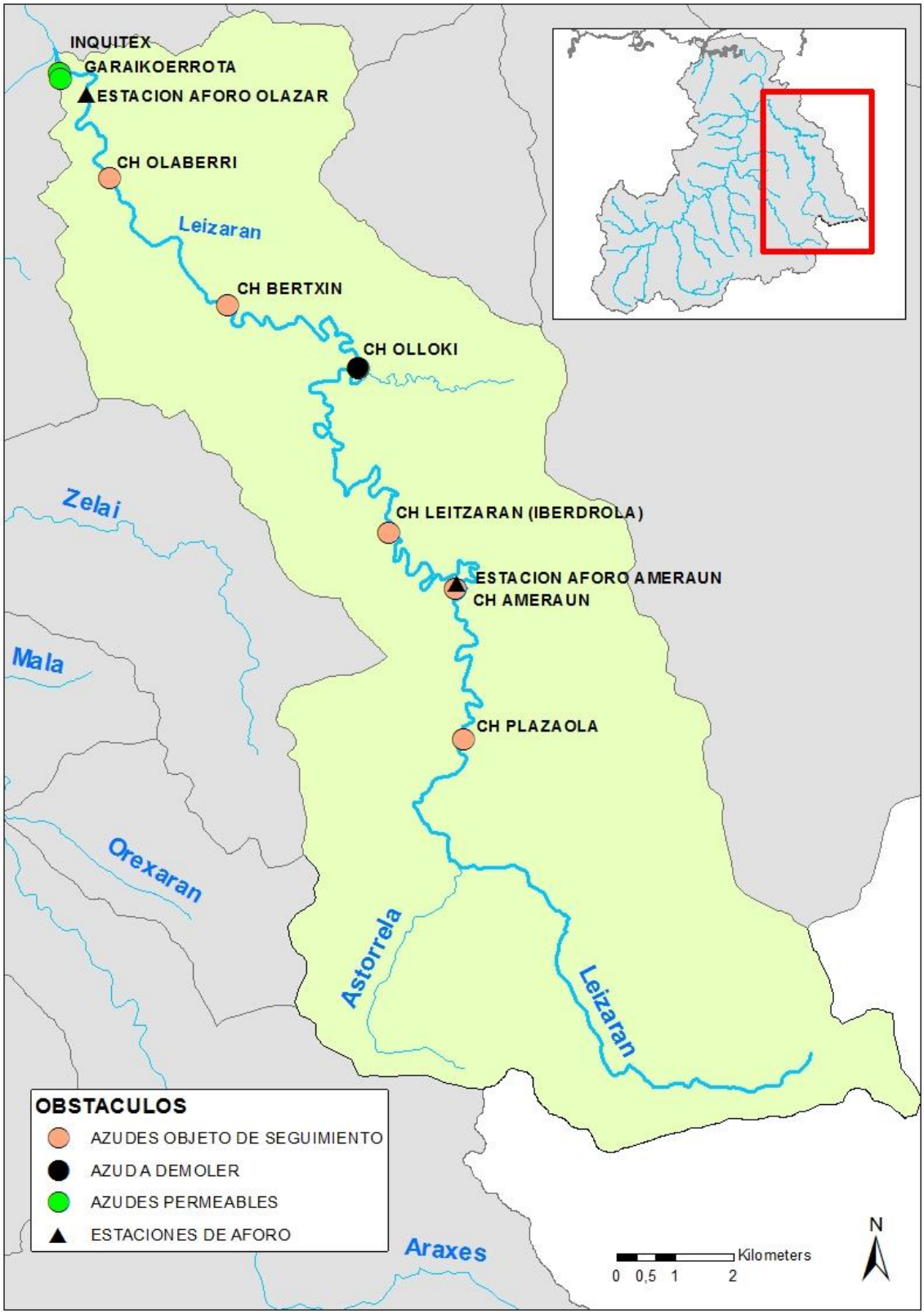


Figura 1. Obstáculos incluidos en el área de estudio, río Leitzaran (cuenca del Oria).

4. DISPOSITIVO DE PASO – CH AMERAUN Y CH PLAZAOLA

Los dispositivos de paso de los azudes de la CH Ameraun y CH Plazaola son escalas de artesas sucesivas, aunque difieren en su diseño y tamaño. La escala de la **CH Ameraun** es de **artesas sucesivas con escotaduras alternas y orificios sumergidos**, mientras que la escala de la **CH Plazaola** es una **escala con escotaduras alternas**, pero **sin orificios sumergidos**.

Este tipo de paso para peces es con diferencia del tipo de dispositivo utilizado con más frecuencia en minicentrales hidroeléctricas de la península, Francia (Larinier et al., 2002) y Europa. 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 m^3/s en pequeñas regatas hasta más de 2 m^3/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 200-250 W/m^3 y 150 W/m^3 para el resto de las especies. La longitud de los estanques puede variar desde 1,2 m para pasos pequeños diseñados para trucha con caudales inferiores a 0,1 m^3/s, hasta más de 4,5 m en pasos diseñados para caudales de 1 m^3/s. Como valor medio, la longitud es de 2,5-3,0 m en pasos diseñados para 0,3-0,5 m^3/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%.

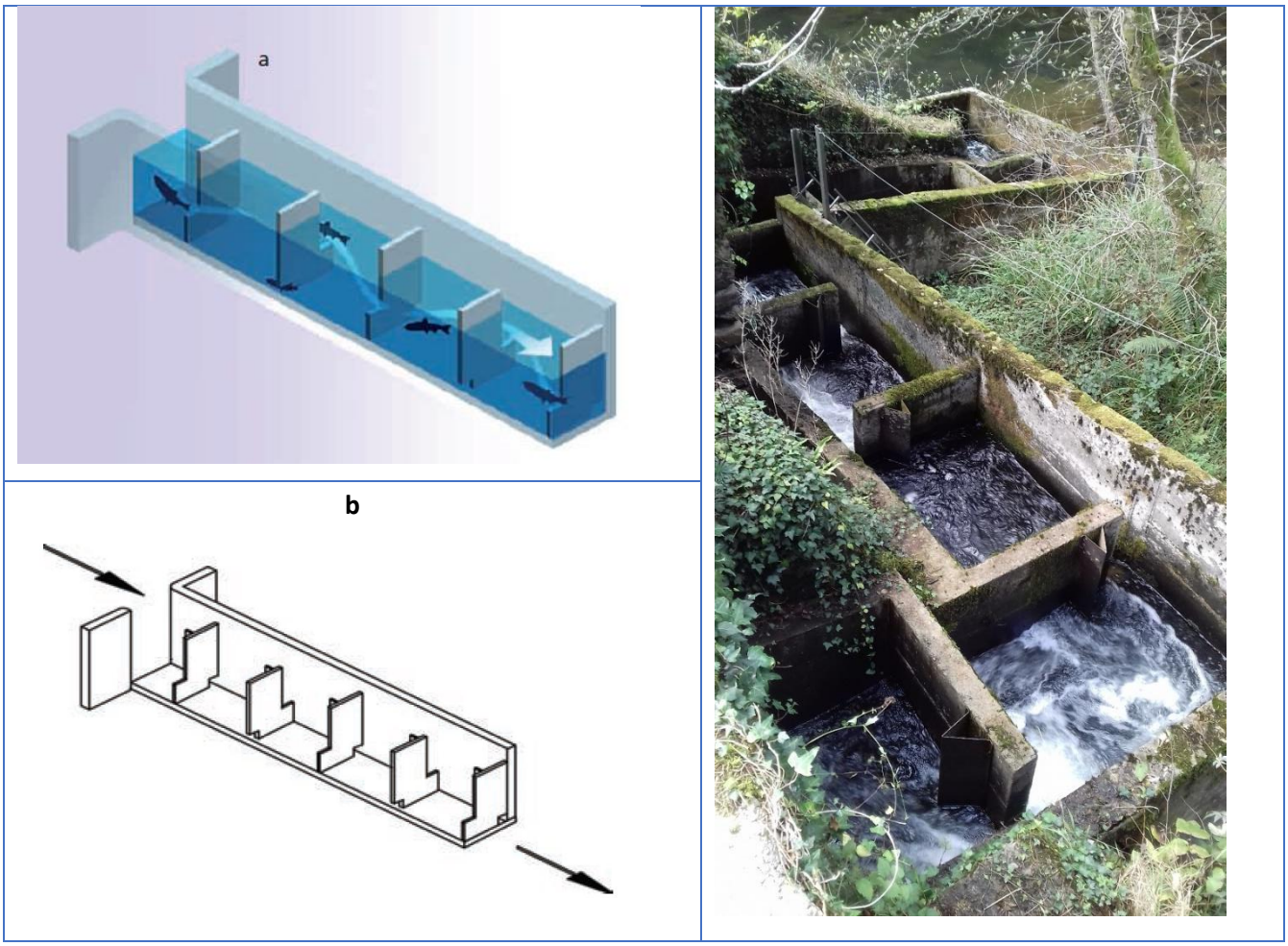


Figura 2. Diagrama (a) y vista en perspectiva (b) de un paso de artesas sucesivas con escotaduras alternas y orificios sumergidos (Aigoui f. & Dufour m., 2008) y ejemplo real correspondiente al paso de la C.H. Ameraun.

4.1. CH AMERAUN – ESCALA DE ARTESAS SUCESIVAS

La escala de la C.H. Ameraun consta de un total de 14 artesas para salvar un desnivel de 4,7 m. La escala se localiza en margen derecha mientras que la toma o canal de derivación de caudal se sitúa en margen izquierda.

Esta **escala** presenta **deficiencias en su diseño y su funcionamiento** se encuentra regulado para, sobre todo, favorecer la detracción de caudal a través del canal de derivación en margen izquierda en aguas bajas. En la parte superior o entrada de la escala, la escotadura por el cual discurre el caudal que alimenta la escala, se encuentra atravesada por varios tablones desde su base, que con caudales bajos provoca un salto de más de 70 cm, muy difícil de superar para las truchas (Figura 3). Estos tablones situados en la base de la escala se retiran al aumentar el caudal del río Leitzaran, y se vuelven a colocar dependiendo del caudal, es decir, regulan el caudal que circula a través de la escala. Por otra parte, debido al diseño de las artesas y a la regulación de la entrada de caudal a la entrada, el salto entre algunas artesas es muy elevado, superior a 30 cm, mientras que algunas otras se conectan entre sí únicamente por el orificio de fondo en aguas bajas (Anexo I, Figura 3). En el Anexo I se incluyen imágenes de detalle de la escala.

Figura 3. Azud y escala de la CH Ameraun. Durante el proceso de instalación de las antenas de detección, quedan visibles los tablones de madera que cierran la escotadura de la artesa desde su base. Se observa también el salto de más de 70 cm existente con la escala en marcha para caudales bajos. La llamada de entrada a la escala es adecuada (arriba).

4.2. CH PLAZAOLA – ESCALA DE ARTESAS SUCESIVAS

La escala de Plazaola es una escala corta de únicamente 3 artesas, con escotaduras alternas, pero sin orificios sumergidos. Se localiza en margen derecha, al igual que la toma o canal de derivación de caudal de la central hidroeléctrica.

Esta **escala** presenta también **deficiencias en su diseño y su funcionamiento,** debido a que la artesa superior presenta una compuerta en la escotadura, la cual se encuentra en la misma posición de forma permanente, independientemente del caudal del río Leitzaran y del caudal de detracción (Figura 4). Esta compuerta se encuentra bajada en exceso, por lo que el espacio existente para el paso de los peces en la base de la escotadura es muy reducido y el caudal que sale a través de ella lo hace a una elevada presión y velocidad, por lo que el paso es prácticamente imposible. Asimismo, la entrada a la escala presenta un salto excesivo en caudales bajos.

Por otra parte, el azud presenta un perfil o paramento inclinado en toda su base, que provoca una amplia llamada a lo largo de toda su superficie y enmascara la llamada de la escala cuando el caudal rebosa por el azud. En el Anexo II se incluyen imágenes de detalle de la escala.

Figura 4. Azud y escala de la CH Plazaola. Escala y paramento inclinado del azud con caudal bajo y cuando rebosa por encima del azud, enmascarando la llamada de la escala. Salto excesivo a la entrada de la escala (abajo izda) y compuerta en la artesa superior o de salida.

5. PERIODO DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

El estudio de evaluación de la funcionalidad de las escalas de la CH Ameraun y CH Plazaola se realiza entre los meses de septiembre de 2019 y enero del 2020.

En una primera fase, entre los meses de septiembre y octubre de 2019 se realiza la instalación y calibración de los sistemas de detección pasiva en ambas escalas. 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 CH Ameraun en fecha 22/10/2019 y en fecha 21/10/2019 para la CH Plazaola.

El seguimiento y evaluación del sistema se realiza entre los meses de octubre de 2019 y enero de 2020, 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.

El seguimiento de la funcionalidad de los pasos se realiza mediante la activación del sistema de detección pasiva y mediante radioseguimiento manual de 6 ejemplares en cada obstáculo. En la escala de la CH Ameraun el seguimiento abarca un periodo 102 jornadas desde el 22/10/2019 hasta el 31/01/2020. El sistema queda sin alimentación debido a un corte en el suministro durante unas 4 jornadas, entre el 31 de diciembre y el 3 de enero.

En la escala de la CH Plazaola el seguimiento abarca un periodo 103 jornadas desde el 21/10/2019 hasta el 31/01/2020.

6. METODOLOGÍA

El estudio de eficacia se basa en el seguimiento de truchas adultas mediante dos técnicas de telemetría: por una parte, el seguimiento se basa en un **sistema de detección pasiva o automática** (CIPAM) instalado en cada 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. Por otra parte, se realiza el **radioseguimiento manual** de una pequeña fracción de los ejemplares marcados con pit (6 por cada uno de los pasos analizados), lo que permite un seguimiento constante e individual de cada uno de estos ejemplares y valida el funcionamiento y la interpretación de los registros obtenidos mediante el sistema de detección pasiva.

La instalación de un equipo de detección pasiva de marcas pit en cada una de las escalas permite detectar el momento de paso exacto de cada ejemplar marcado con este tipo de marca, es decir, funcionan como un contador de peces. La utilización simultánea de ambas técnicas (radioseguimiento y detección pasiva de marcas pit) permite la validación de cada uno de los métodos: La localización mediante radioseguimiento de determinado ejemplar aguas arriba de un obstáculo equipado con contador de peces permite validar el funcionamiento de este contador, correcto funcionamiento si detecta la marca de dicho ejemplar a su paso por la escala y deficiente si no lo detecta y viceversa. Asimismo, el radioseguimiento aporta información adicional en torno al comportamiento de los ejemplares marcados en el área de estudio, si remontan e intentan acceder a la escala o no, número de intentos que realizan, si intentan buscar vías adicionales, su progreso aguas arriba una vez superada la esclusa, posible mortalidad, etc.

Cada sistema de detección pasiva consta de un equipo (CIPAM) de detección de marcas pit unido a 2 antenas, una a la entrada y otra a la salida de la escala, 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 de la escala. 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 alimentación a 120 V.

Se considera que un pez supera la escala cuando se registran detecciones consecutivas en las dos antenas instaladas, 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. En el seguimiento de estas dos escalas existen grandes dificultades para superar la última artesa o

escotadura, y muchas detecciones registradas en esta antena superior corresponden a intentos fallidos, ya que posteriormente las truchas descienden de nuevo y salen aguas abajo siendo detectadas por la antena situada a la entrada.

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. Para el radioseguimiento de truchas se utilizan radiotransmisores modelo F1150 (ATS Inc.; 142.000-142.490 MHz), con un peso de 3,1 g y una vida de 97 días. Estos radiotransmisores son internos, se alojan en la cavidad abdominal del pez tras una breve intervención quirúrgica. Cada radiotransmisor implantado emite a una frecuencia determinada que permite identificar individualmente las truchas marcadas. Ambas marcas en ningún caso superan el 2,5 % del peso de las truchas marcadas, ratio por encima del cual puede verse afectada la capacidad natatoria o flotabilidad de ciertas especies (Baras & Lagardere, 1995) El receptor de radioseguimiento manual utilizado es el modelo R2000 Challenger Receiver y una antena tipo Yagi direccional (142.000-143.999 MHz).

En los Anexos I y II se incluyen imágenes de los sistemas de detección instalados en las escalas de los azudes de la C.H. Ameraun y C.H. Plazaola.

6.1. Eficacia del dispositivo de paso

EFICACIA DEL DISPOSITIVO-ESCALA

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):

Eficacia dispositivo-escala (%)= n/N x 100

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):

Eficacia llamada (%)= n/N x 100

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)

Eficacia total (%)= n/N x 100

6.2. Captura, marcaje y suelta

Una vez instalado los sistemas de detección pasiva en cada escala, se procede a la captura de truchas aguas abajo y aguas arriba de cada azud 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 60 truchas adultas, 30 en cada uno de los pasos.

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 las marcas pit y radiotransmisores requieren de una breve intervención quirúrgica (Ovidio et Philipart, 2002; Gosset et al. 2005): 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 o 2 puntos de sutura (hilo reabsorbible). Finalmente, se aplica yodo en la zona suturada y los peces tras una breve recuperación son devueltos al río.

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

7. RESULTADOS – CH AMERAUN

7.1. TRUCHAS MARCADAS PARA SEGUIMIENTO

En fecha 22/10/2019 se capturaron un total de 30 truchas adultas, 11 de ellas aguas abajo y otras 19 truchas aguas arriba del azud de la CH Ameraun, las cuales fueron marcadas y posteriormente liberadas aguas abajo del azud. La longitud media de estos ejemplares es de 255 mm (rango: 203-400 mm), con un peso medio de 215 g (rango: 106-735 g) y un coeficiente de condición medio de 1,168 (rango: 0,972-1,291). En la Tabla 1 se incluyen las características biométricas de estos ejemplares.

Tabla 2. Código de marca pit, frecuencia de emisor (MHz), longitud (mm), peso (g) y condición (K) de las truchas marcadas para seguimiento aguas abajo del azud de la CH Ameraun.

Código trucha	Código pit	Freq (MHz)	Longitud (mm)	Peso (g)	K
T_AM_01	071170F4C74B610F		400	735	1,148
T_AM_02	071170F4C74B740D	142,441	260	201	1,144
T_AM_03	071170F4C74B2B0D	142,454	340	410	1,043
T_AM_04	071170F4C74B790D	142,464	370	595	1,175
T_AM_05	071170F4C74B1D10	142,474	282	286	1,275
T_AM_06	071170F4C74B230E	142,484	243	181	1,261
T_AM_07	071170F4C74B240F	142,493	287	291	1,231
T_AM_08	071170F4C74B5209		220	120	1,127
T_AM_09	071170F4C74B490E		280	278	1,266
T_AM_10	071170F4C74B210D		236	164	1,248
T_AM_11	071170F4C74B5409		227	140	1,197
T_AM_12	071170F4C74B6B0B		336	403	1,062
T_AM_13	071170F4C74B730B		209	113	1,238
T_AM_14	071170F4C74B3E09		232	128	1,025
T_AM_15	071170F4C74B7A0C		222	126	1,152
T_AM_16	071170F4C74B340B		298	289	1,092
T_AM_17	071170F4C74B780D		204	106	1,249
T_AM_18	071170F4C74B6209		240	171	1,237
T_AM_19	071170F4C74B810C		203	108	1,291
T_AM_20	071170F4C74B310E		221	132	1,223
T_AM_21	071170F4C74B5F0B		254	190	1,159
T_AM_22	071170F4C74B7E0D		222	120	1,097
T_AM_23	071170F4C74B4C0D		244	174	1,198
T_AM_24	071170F4C74B580C		268	191	0,992
T_AM_25	071170F4C74B370B		223	134	1,208
T_AM_26	071170F4C74B4509		238	131	0,972
T_AM_27	071170F4C74B880C		235	152	1,171
T_AM_28	071170F4C74B480E		215	115	1,157
T_AM_29	071170F4C74B770C		215	122	1,228
T_AM_30	071170F4C74B380E		236	154	1,172

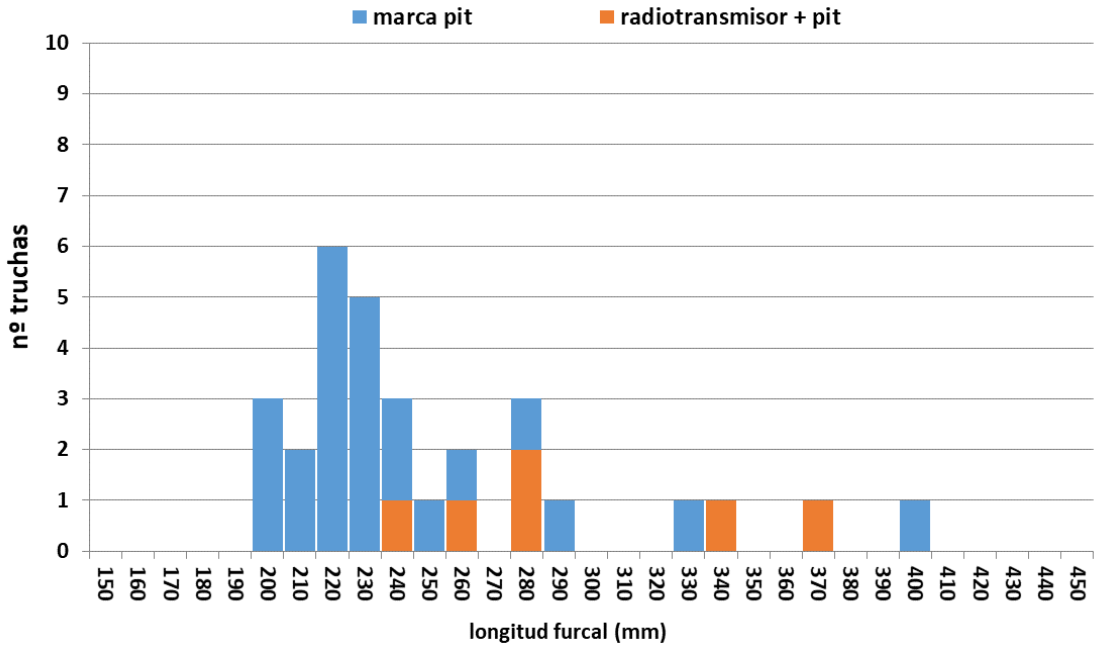


Figura 5. Distribución de clases de talla de las 30 truchas marcadas y liberadas aguas abajo del azud de la C.H. Ameraun en el río Leitzaran en octubre de 2019.

7.2. ABUNDACIA Y DISTRIBUCIÓN DE PASOS E INTENTOS DE PASO

Durante el periodo de seguimiento, desde el 22/10/2019 hasta el 31/01/2020, se registra el desplazamiento de 22 truchas por el interior de la escala de un total de 30 ejemplares marcados y liberados aguas abajo del azud de la CH Ameraun. **De estos 22 ejemplares detectados, un total de 9 ejemplares logran superar la escala**, mientras que **de las restantes 13 truchas que no superan la escala**, 10 de ellas no llegan hasta la antena superior o de salida (no son detectadas en ella) y otras 3 truchas atraviesan toda la escala y son detectadas en la antena superior o de salida, pero no la superan y descienden la escala para retornar al río Leitzaran, lo cual parece indicar un problema en la artesa superior o de salida de la escala y en la misma escala.

El periodo de seguimiento abarca 102 días consecutivos y los intentos, con éxito o no, de un total de 22 truchas de superar la escala (detecciones en las dos antenas) abarcan un periodo de 88 días, desde el 22/10/2019 al 17/01/2020. Se considera como intento cada una de las jornadas en la que una trucha es detectada en el interior de la escala. **La mayor parte de los pasos y de los intentos fallidos de paso corresponden al mes de octubre** (Figura 6, Tabla 3). De esta forma, 8 de los 9 pasos corresponden al mes de octubre y uno al mes de enero. Los intentos fallidos o sin éxito de paso también corresponden principalmente al mes de octubre, de los 71 intentos fallidos el 69% (n=47) se registran en octubre, el 21% (n=14) en noviembre, el 6% (n=4) en diciembre y el 4% (n=3) en enero. **Estas fechas de migración registradas son un tanto tempranas**, pero parecen ser **consecuencia del primer aumento de caudal registrado en**

otoño. De esta forma, las truchas se marcan y liberan el día 22 de octubre, con un caudal del río Leitzaran de 0,850 m^3/s, y a la jornada siguiente el caudal comienza a aumentar para alcanzar un máximo medio diario de 2,648 m^3/s al cabo de dos días, en fecha 24/10/19.

Cabe destacar el paso de una trucha (T_AM_06) mediante radioseguimiento manual entre el 31 de enero y el 3 de enero, periodo en el que el equipo de detección se encuentra fuera de uso por un corte en el suministro eléctrico. El día 3 de enero se localizó este ejemplar aguas arriba del azud de Ameraun.

Tabla 3. Distribución de lecturas en cada una de las antenas para el total de las 22 truchas detectadas en la escala de la C.H. Ameraun y fecha de paso o última detección.

Trucha	Nº detecciones			Supera la escala	Lugar captura	Fecha de paso o última detección
	Antena 1 (entrada)	Antena 2 (salida)	Total			
T_AM_03	3	15	**18**	SI	Arriba azud	26/10/2019
T_AM_04	16	14	**30**	SI	Arriba azud	27/10/2019
T_AM_05	11		**11**	NO	Arriba azud	
T_AM_06	13		**13**	SI	Arriba azud	02/01/2020
T_AM_08	3		**3**	NO	Arriba azud	
T_AM_09	4		**4**	NO	Arriba azud	
T_AM_10	6	13	**19**	SI	Arriba azud	25/10/2019
T_AM_11	2		**2**	NO	Arriba azud	
T_AM_12	12		**12**	NO	Arriba azud	
T_AM_14	19	14	**33**	NO	Arriba azud	
T_AM_16	79	5	**84**	NO	Arriba azud	
T_AM_17	1	20	**21**	SI	Arriba azud	23/10/2019
T_AM_20	3	50	**53**	SI	Arriba azud	27/10/2019
T_AM_21	3		**3**	NO	Abajo azud	
T_AM_22	8	14	**22**	SI	Abajo azud	24/10/2019
T_AM_23	18		**18**	NO	Abajo azud	
T_AM_24	6		**6**	NO	Abajo azud	
T_AM_26	1	10	**11**	SI	Abajo azud	23/10/2019
T_AM_27	5		**5**	NO	Abajo azud	
T_AM_28	8	1	**9**	NO	Abajo azud	
T_AM_29	3		**3**	NO	Abajo azud	
T_AM_30	4	29	**33**	SI	Abajo azud	09/11/2020
Total	**413**	**598**	**413**			
Promedio	**10,4**	**16,8**				
Promedio CH Bertxin	1,7	2,1				
Promedio CH Iberdrola	2,4	2,1				
Promedio CH Olaberri	21,0	4,0				
Promedio CH Plazaola	5,7	9,5				

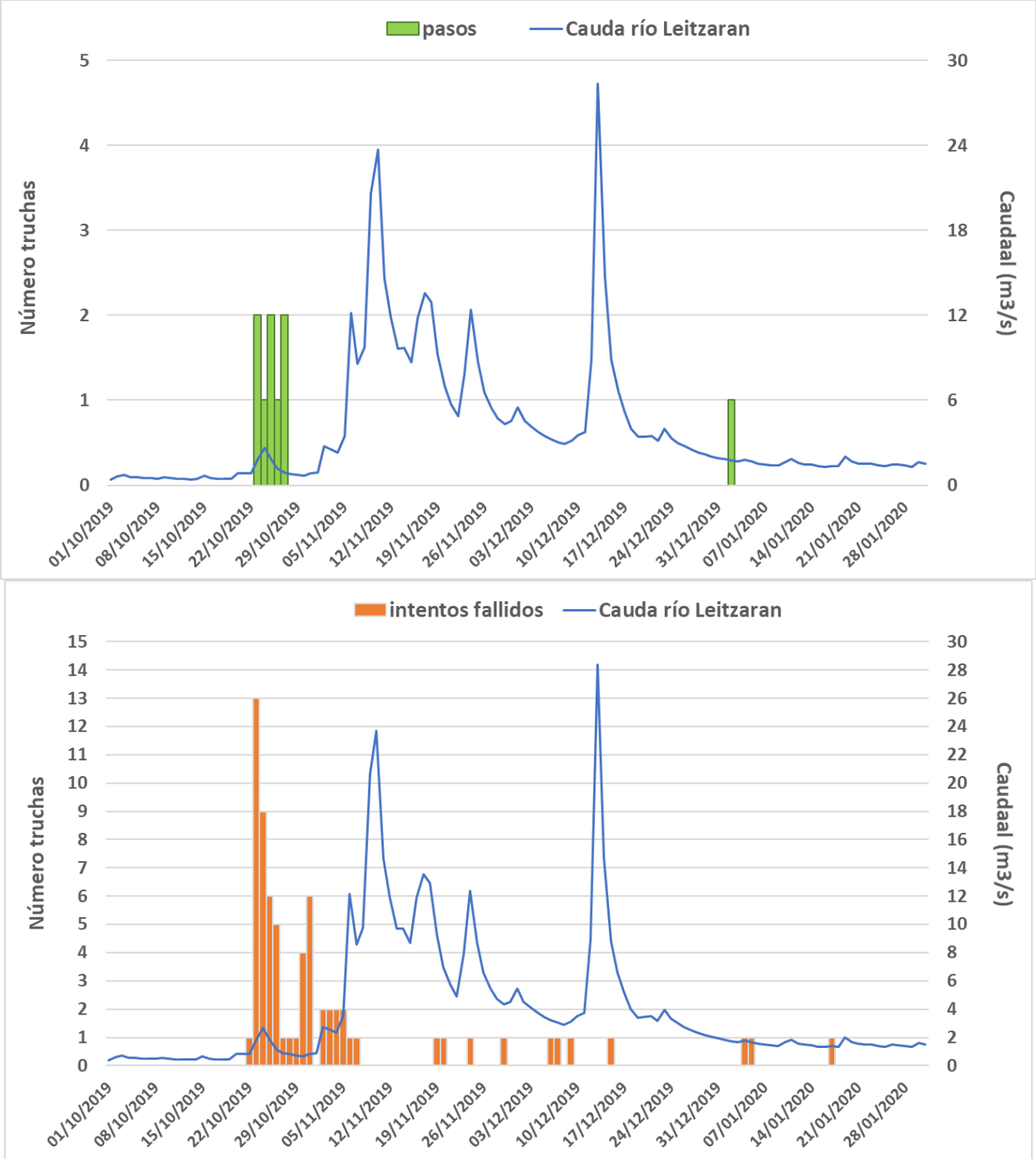


Figura 6. Distribución de pasos de truchas a través de la escala y de intentos de durante el periodo de seguimiento y caudal medio diario estimado para el río Leitzaran.

7.2.1. INTENTOS DE PASO FALLIDOS

Se han registrado numerosos intentos fallidos de paso en la escala de la CH Ameraun. Un claro indicador de los problemas existentes para superar la escala es la abundancia de registros en las dos antenas de detección, a la entrada y a la salida. La abundancia de detecciones en la antena de entrada son un reflejo de la incapacidad de superar la escala, de hecho 10 de las 13 truchas que no superan la escala no llegan hasta la antena superior o de salida en la última artesa (no son detectadas en ella). Asimismo, la abundancia de detecciones en la antena superior de la última artesa, la cual presenta un salto difícil de superar debido a la regulación a la que se encuentra sometida, señala la dificultad existente para superar este punto (Figura 7).

Para las 22 truchas detectadas en la escala, el **número medio de detecciones a la entrada** de la escala es de **10,4 detecciones** y de **16,8 detecciones a la salida** de la escala en la artesa superior (Tabla 2; Figura 7). Estos resultados son muy superiores a los registrados en otros estudios de seguimiento, como por ejemplo en la escala de la CH Bertxin, la escala de la CH Iberdrola o la esclusa de Olaberri, todos ellos realizados en el ámbito del presente LIFE IREKIBAI. En el caso de Bertxin, para un total de 16 truchas que superan la escala, el número medio **de detecciones a la entrada** de la escala es de **1,7 detecciones** y de **2,1 detecciones a la salida** de la escala. En este caso las truchas superan la escala con relativa facilidad con caudales bajos. En el caso de la escala de Iberdrola el número medio **de detecciones a la entrada** de la escala es de **2,4 detecciones** y de **2,1 detecciones a la salida** para un total de 9 truchas, mientras que, en la esclusa de Olaberri, donde tanto truchas y salmones permanecen mucho tiempo en la zona de entrada del dispositivo debido a su peculiar funcionamiento por ciclos, las truchas son detectadas como promedio en 21 ocasiones a la entrada y en 4 ocasiones a la salida. El registro de entrada no es comparable debido al peculiar y discontinuo funcionamiento de la esclusa, pero sí el de salida, con un valor bajo que indica que las truchas superan este punto con facilidad.

En el caso de la escala de la C.H. Plazaola, cuyos resultados se incluyen en este informe, ninguna trucha supera la escala y el número de detecciones es también elevado, especialmente a la salida de la escala. De esta forma se registra un promedio de **5,7 detecciones a la entrada** de la escala y **9,5 detecciones a la salida** para un total de 15 truchas.

Otro indicador de las dificultades existentes para superar la escala es el del número de jornadas en el que se detecta cada trucha en la escala. Para **las 22 truchas que intentan supera la escala, como promedio son detectadas en ella en 3,5 jornadas**, con un máximo de 11 jornadas y un mínimo de 1 jornada (Figura 8).

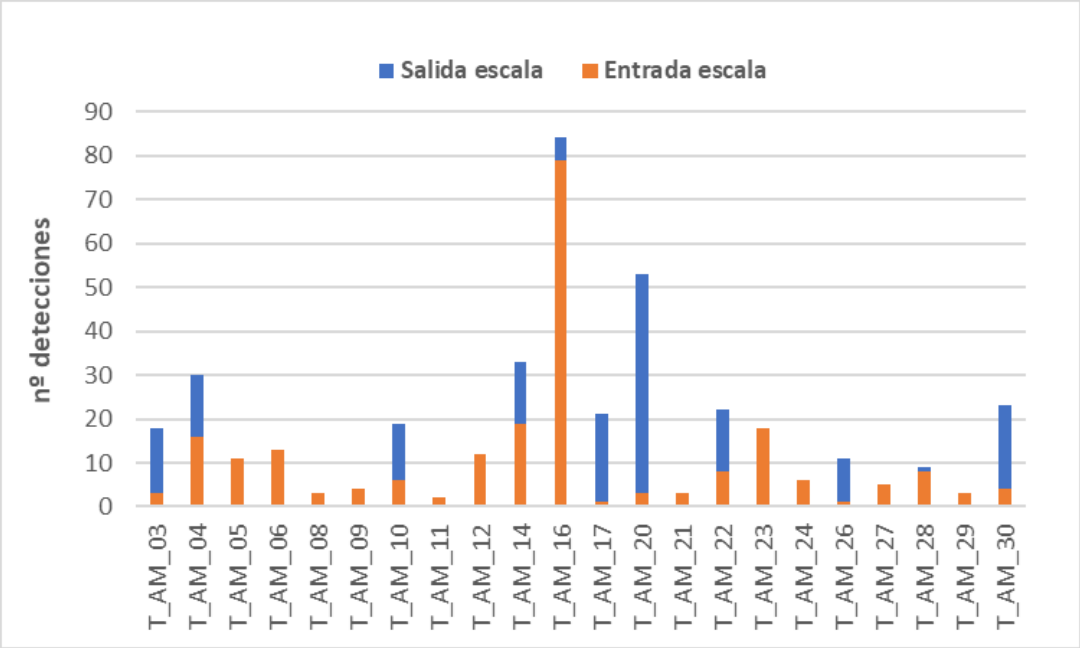


Figura 7. Número de detecciones a la entrada y salida de la escala de la CH Ameraun, entre octubre de 2019 y enero de 2020.

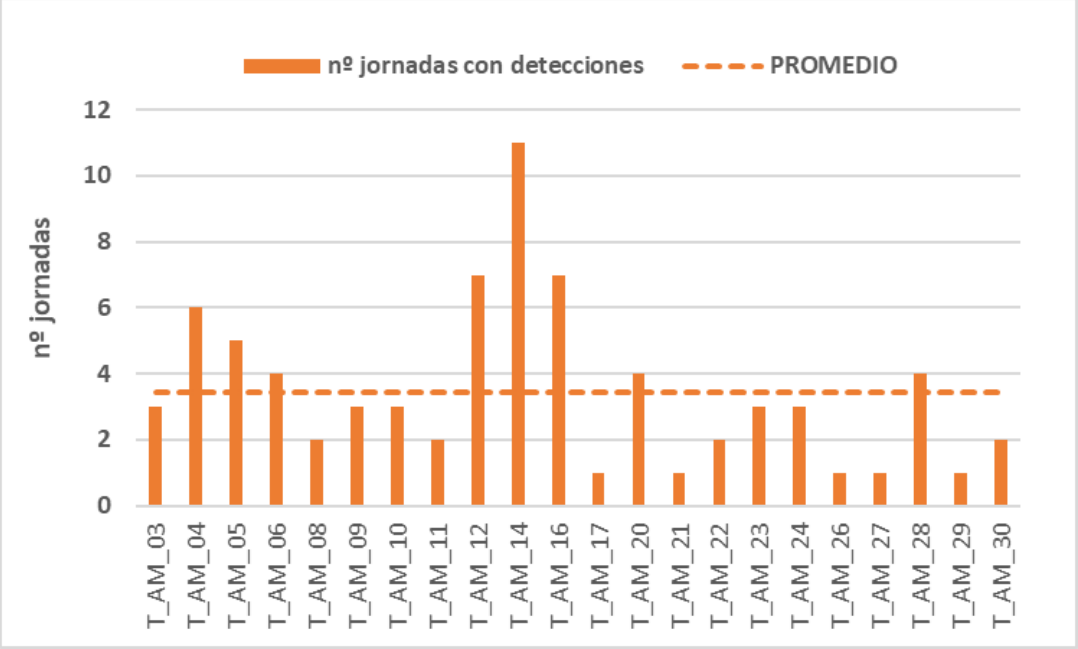


Figura 8. Número de jornadas con detecciones en la escala de la CH Ameraun, entre octubre de 2019 y enero de 2020.

7.2.1.1. Intentos de paso – comportamiento individual

A continuación, se incluye la interacción de cada trucha con la escala, los intentos realizados y el comportamiento observado, en base a las detecciones individuales de las 22 truchas en la escala y mediante radioseguimiento manual de 6 ejemplares.

En las figuras que se adjuntan a continuación, las detecciones en la antena de entrada a la escala tienen color naranja y las detecciones en la antena superior o de salida, tienen color verde cuando la trucha supera con éxito la escala y color rojo cuando no la supera. En estos casos es habitual observar que las truchas realizan numerosos intentos consecutivos de superar la última artesa de la escala, registrándose varias detecciones consecutivas, para posteriormente descender por la escala hasta salir al cauce, momento en el que es detectado por la antena de entrada (color naranja). Posteriormente, pueden volver a introducirse en la escala y remontarla hasta ser detectadas en la antena de salida, superando con éxito las escala (por ej. Trucha T_AM_03) o no (por ej. Trucha T_AM_14). Las numerosas detecciones registradas en la antena superior son consecuencia del salto existente en esta última artesa, lo que provoca que las truchas realicen sucesivos intentos o saltos para superarla (Figura 7). Asimismo, muchas truchas ni siquiera llegan a la antena superior y descienden de nuevo al cauce a través de la escala.

Truchas que superan la escala: T_AM_03

En el caso del ejemplar T_AM_03, se introduce en la escala el día 23 de octubre (Figura 9), es detectado a la entrada a las 8:31 horas de la mañana, mientras que es registrado por vez primera en la antena superior o de salida a las 12:10 horas del mediodía, es decir, emplea 3 horas 39 minutos en alcanzar la última artesa de salida. Entre las 12:10 horas y las 13:36 horas es detectado en esta antena superior en 12 ocasiones, es decir, realiza 12 intentos o saltos fallidos en esta última artesa, lo cual equivale como promedio a un intento cada 7 minutos. No supera esta última artesa y a las 14:16 horas es detectada por la antena de entrada en su descenso por la escala hasta el cauce. Emplea 39 minutos en este trayecto de bajada por la escala.

Finalmente, el día 25 de octubre vuelve a acceder a la escala y la supera tras varios intentos el día 26 de octubre, habiendo permanecido durante 19 horas en la escala. Posteriormente, según se observa mediante radioseguimiento manual (Figura 9, imagen inferior) este ejemplar remonta río arriba.

Truchas que superan la escala: T_AM_04

En el caso de la trucha T_AM_04 (Figura 10), se introduce en la escala el día 22 de octubre, es detectada en la antena superior el día 23 de octubre, pero no la supera y desciende de nuevo al cauce el día 24 de octubre. El día 26 de octubre accede de nuevo a la escala, realiza 4 intentos fallidos en la antena superior y vuelve a retornar al cauce. Finalmente, el día 27 de octubre accede por tercera vez a la escala y supera finalmente la artesa, empleando un tiempo de 1 horas 20 minutos. Con la crecida del 2 de noviembre se acerca a la escala

desde el embalsamiento y es detectada por la antena superior pero no parece acceder a la escala. Estas detecciones se observan en algún otro caso como la trucha T_AM_30 y parece que corresponden a desplazamientos ocasionales a la zona de salida de la escala en busca de refugio, cuando los caudales son un tanto elevados, ya que la salida se encuentra protegida respecto al cauce principal.

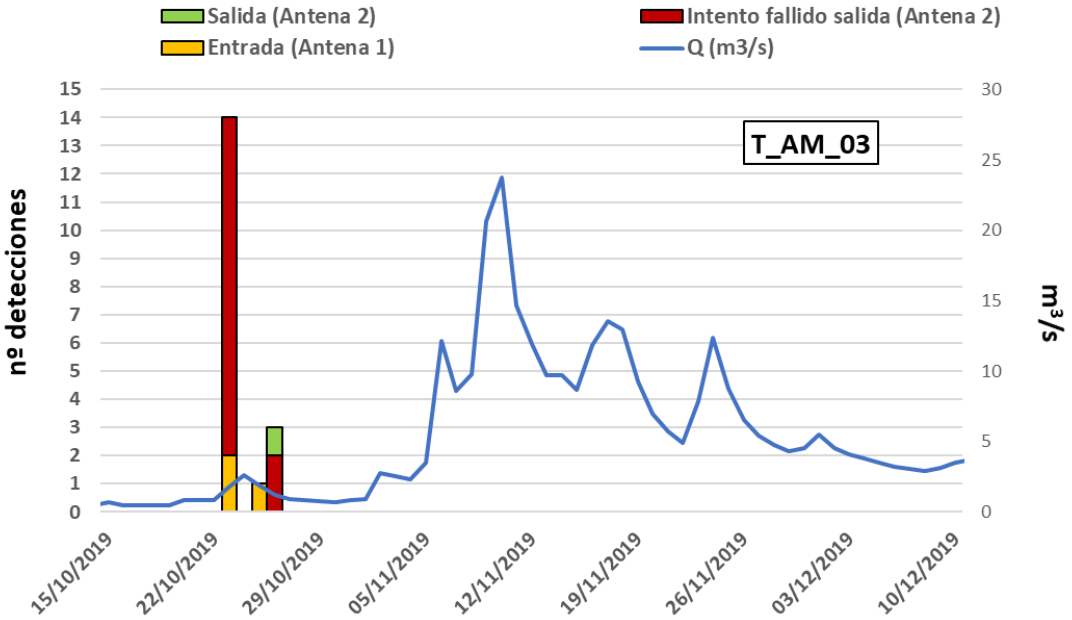
Truchas que superan la escala: T_AM_06

En el caso de la trucha T_AM_06 (Figura 11), se introduce en la escala el día 23 de octubre y parece retornar al cauce el día 24 de octubre, sin haber sido detectada en la antena superior o de salida de la escala. Es localizada mediante radioseguimiento justo encima de la estación de aforo de Ameraun y el día 31 de octubre realiza otro intento al acceder a la escala, pero retorna al cauce y no es detectada en la antena superior. Con las crecidas de noviembre desciende unos 500 m aguas abajo y es localizada de forma regular por debajo de la estación de aforo hasta el día 13 de diciembre. Tras el pico máximo de caudal medio diario de todo el periodo de estudio, correspondiente al día 13 de diciembre (28,4 m^3/s), este ejemplar remonta río arriba, supera la estación de aforo e intenta superar la escala, con 2 detecciones registradas en la entrada el día 15 de diciembre y ninguna en la salida o artesa superior. No supera la escala en este tercer intento y desciende de nuevo al punto de partida.

Finalmente, se constata su paso mediante radioseguimiento manual entre el 31 de diciembre y el 3 de enero, periodo en el que el sistema se encuentra fuera de funcionamiento debido a un corte en el suministro o alimentación eléctrica. Asimismo, supera la estación de aforo por segunda vez consecutiva.

Truchas que superan la escala: T_AM_10; T_AM_17; T_AM_20; T_AM_22; T_AM_26; T_AM_30

Para las restantes 6 truchas que superan la escala, la información disponible tiene origen únicamente en el equipo de detección pasiva de la escala de Ameraun (Figuras 12 y 13). En todos estos casos se observa que, a pesar de superar la escala, el número de intentos en la antena de salida o artesa superior es muy elevado, lo cual refleja un problema para superar este último paso.



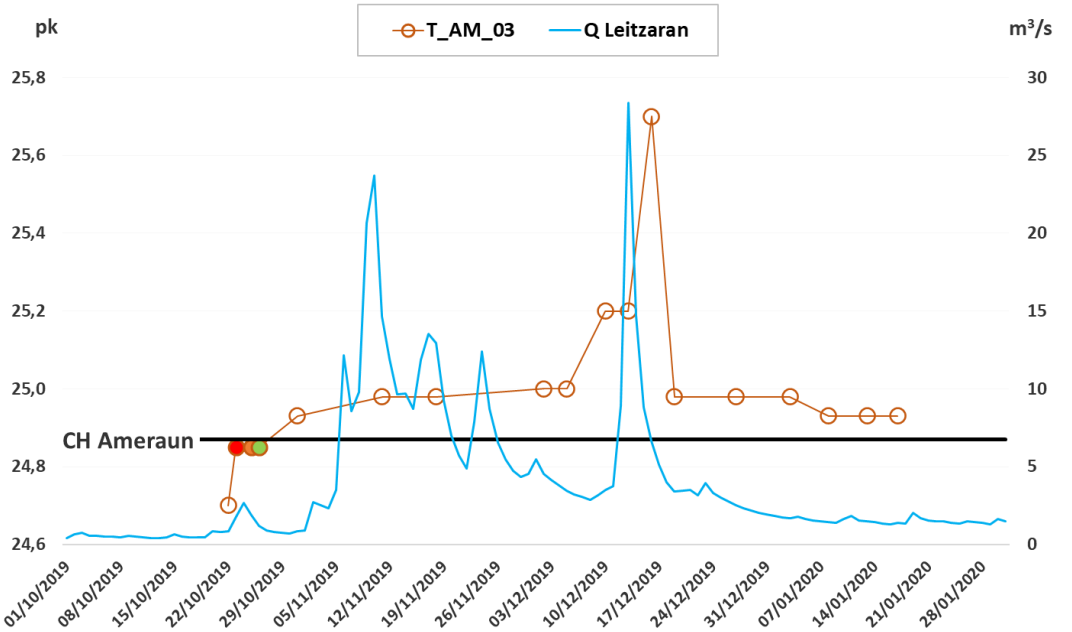


Figura 9. Comportamiento de la trucha T_AM_03 en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Ameraun (imagen superior) y mediante radioseguimiento manual (imagen inferior), el que cada icono redondeado es una localización.

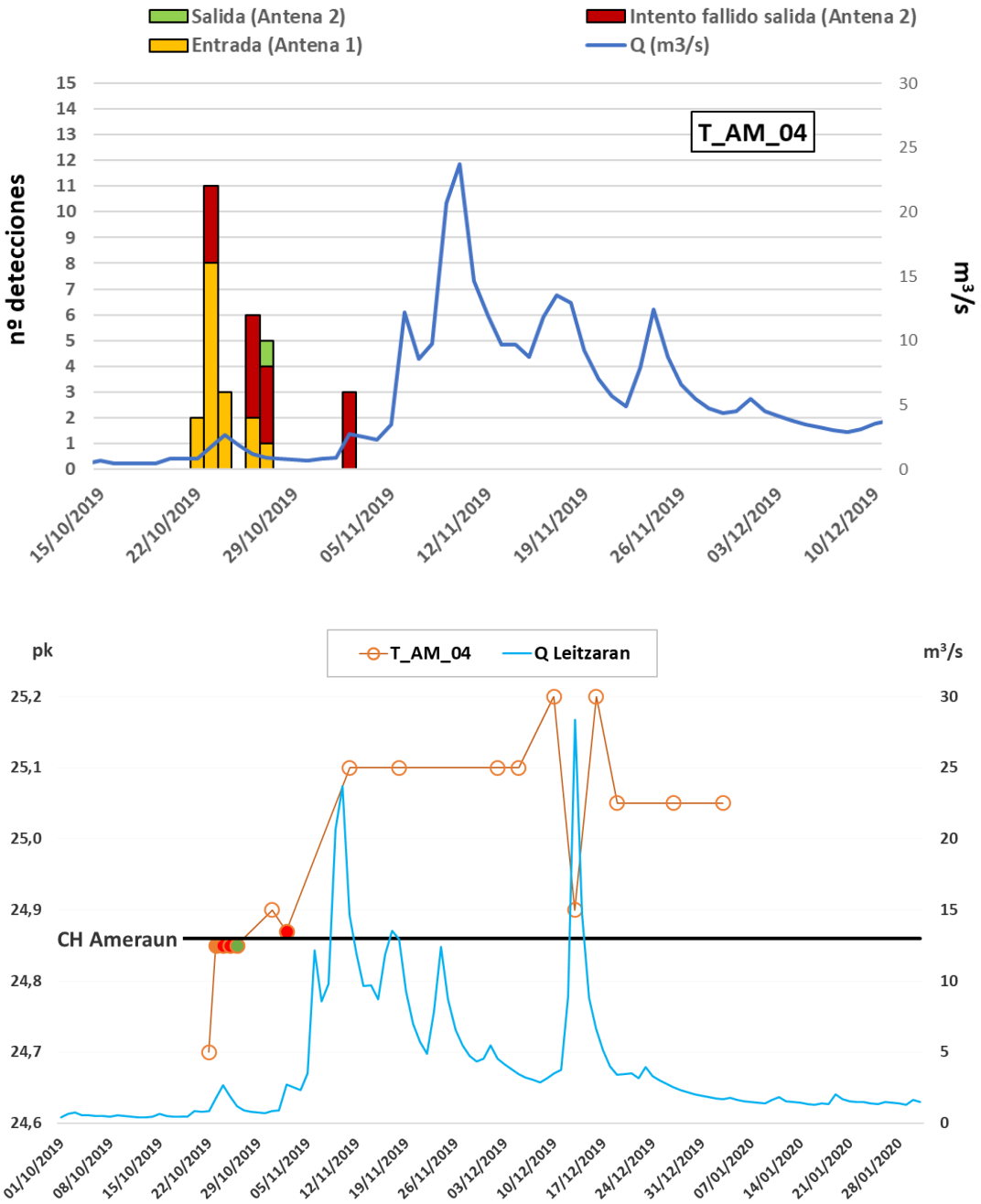
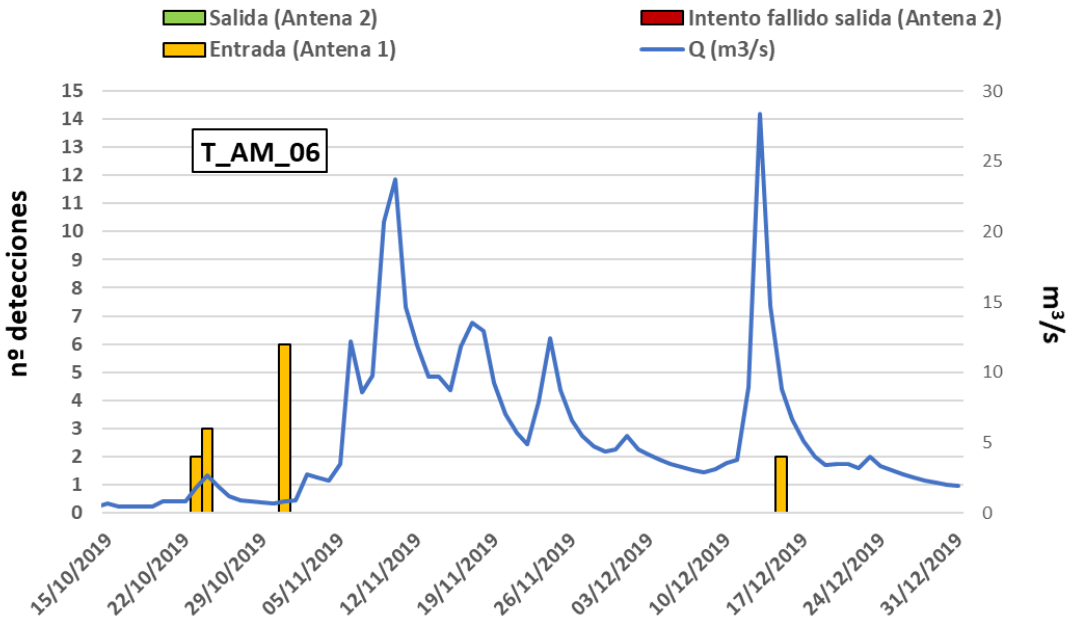


Figura 10. Comportamiento de la trucha T_AM_04 en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Ameraun (imagen superior) y mediante radioseguimiento manual (imagen inferior), el que cada icono redondeado es una localización.



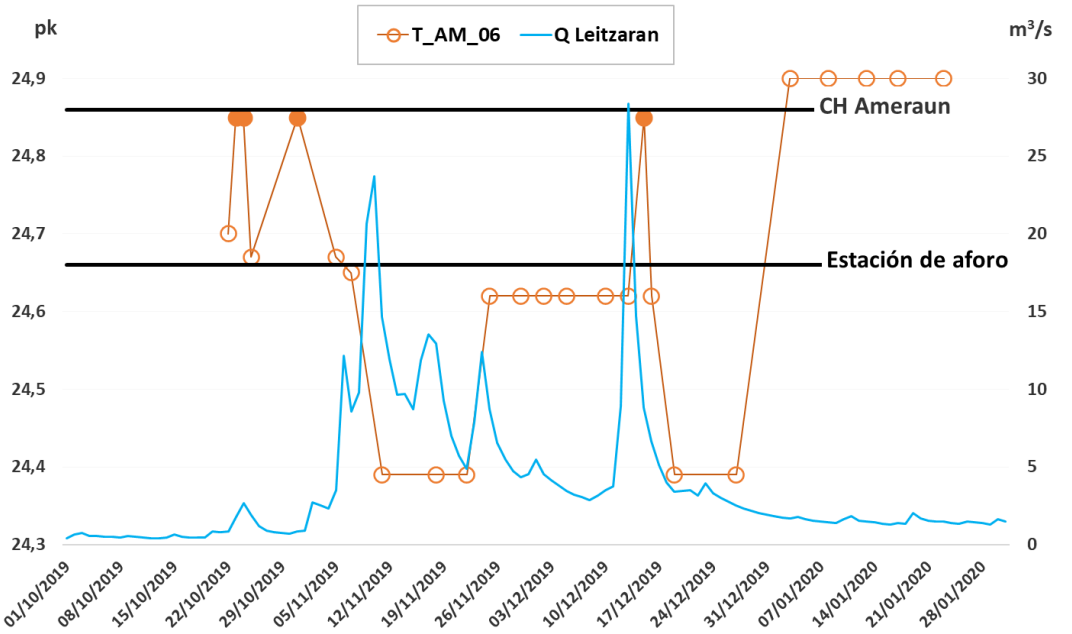


Figura 11. Comportamiento de la trucha T_AM_06 en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Ameraun (imagen superior) y mediante radioseguimiento manual (imagen inferior), el que cada icono redondeado es una localización.

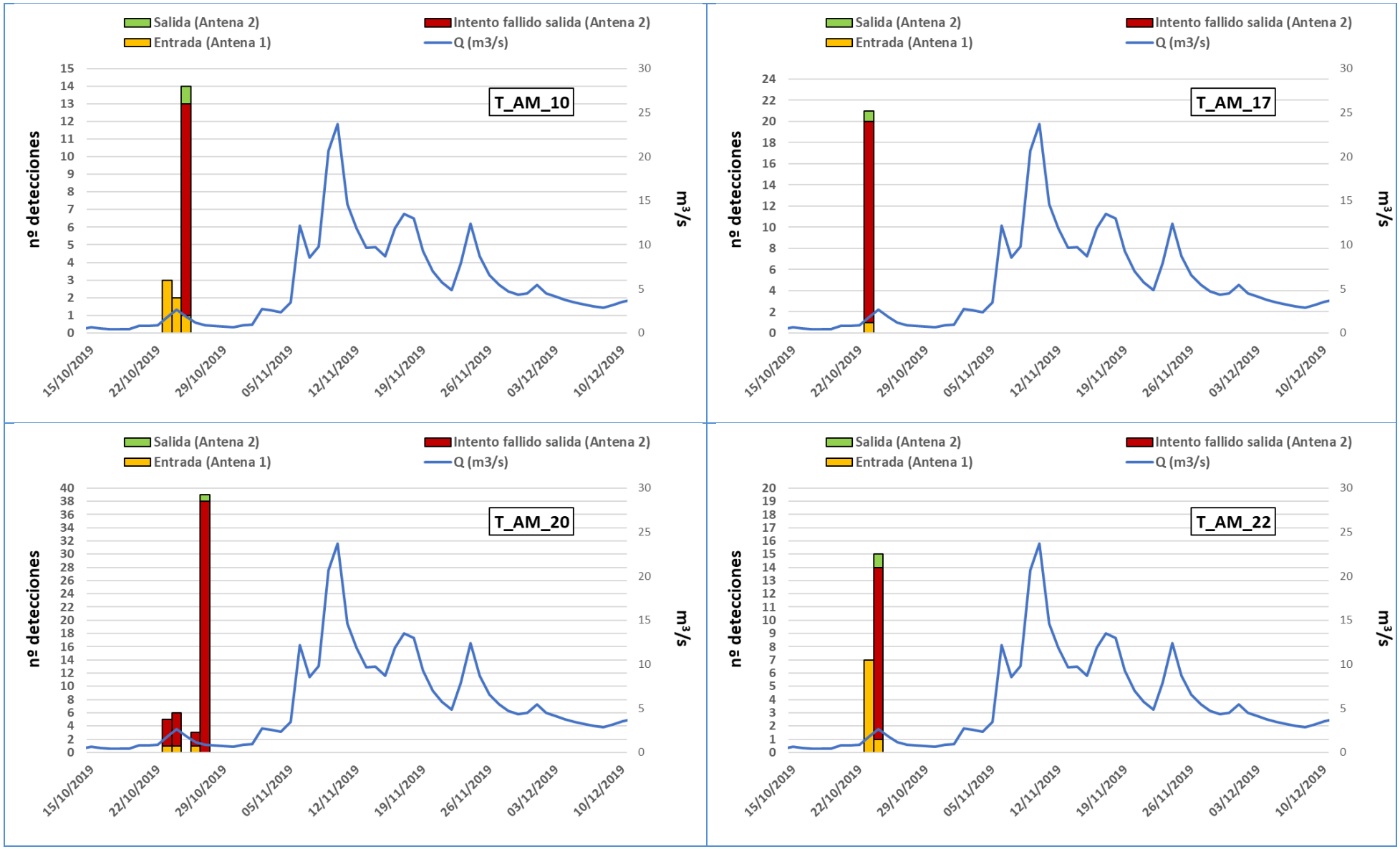


Figura 12. Comportamiento de las truchas que superan la escala en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Ameraun.

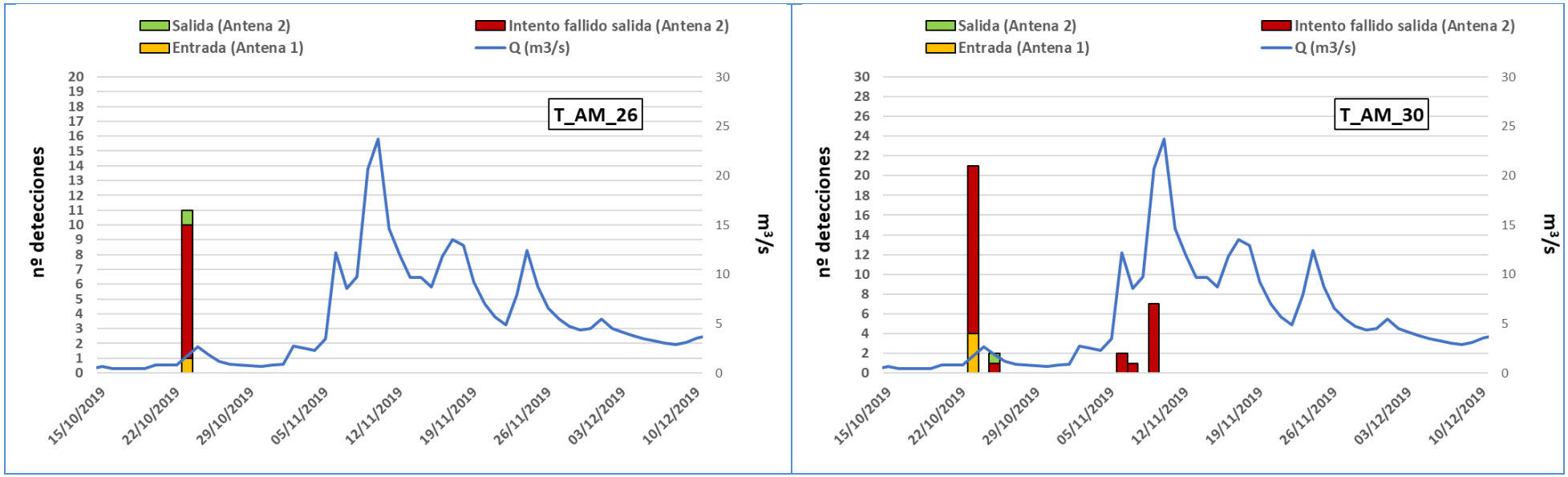


Figura 13. Comportamiento de las truchas que superan la escala en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Ameraun.

Truchas que no superan la escala: T_AM_05

En el caso del ejemplar T_AM_05, tal y como se observa mediante radioseguimiento y mediante el sistema de detección pasiva de la escala de Ameraun (Figura 14), realiza intentos de superar la escala en 3 periodos. Un primer intento corresponde al día 23 de octubre, cuando es detectado únicamente a la entrada. Posteriormente desciende unos 500 m aguas abajo, donde es localizado de forma regular mediante radioseguimiento hasta el día 18 de noviembre. El día 20 de noviembre realiza un segundo intento, supera la estación de aforo de Ameraun y es detectada a la entrada de la escala, pero presenta una única detección, por lo que probablemente no hay accedido al interior. Vuelve a descender al punto de partida aguas abajo y el día 6 de diciembre realiza el tercer intento, superando de nuevo la estación de aforo y siendo detectado a la entrada de la escala, los días, 6, 7 y 9 de diciembre. No supera la escala, no es detectada en ninguna ocasión en la artesa superior y desciende río abajo en el Leitzaran para introducirse durante el mes de enero en la regata Lordiz, que se une al Leitzaran por margen izquierda.

Truchas que no intentan superar la escala: T_AM_02 y T_AM_07

En el caso de las truchas T_AM_02 y T_AM_07 (Figura 15), no parece que intenten superar la escala, no son detectadas en ninguna de las antenas y permanecen aguas abajo del azud de Ameraun durante el periodo de estudio. En ambos casos no vuelven a ser localizadas en el área de estudio a partir del día 18 de noviembre, por lo que es probable que haya sido depredadas.

Truchas que no superan la escala (N=12)

Además del ejemplar T_AM_05 otras 12 truchas son detectadas por el sistema de detección pasiva de la escala y ninguna logra superarla. De estas 12 truchas, 8 ejemplares no son detectadas por la antena superior o de salida, únicamente a la entrada (T_AM_08; T_AM_09¸ T_AM_11, T_AM_12 T_AM_21; T_AM_23; T_AM_24 y T_AM_29), mientras que otras 3 alcanzan la antena superior (T_AM_14; T_AM_27; T_AM_28).

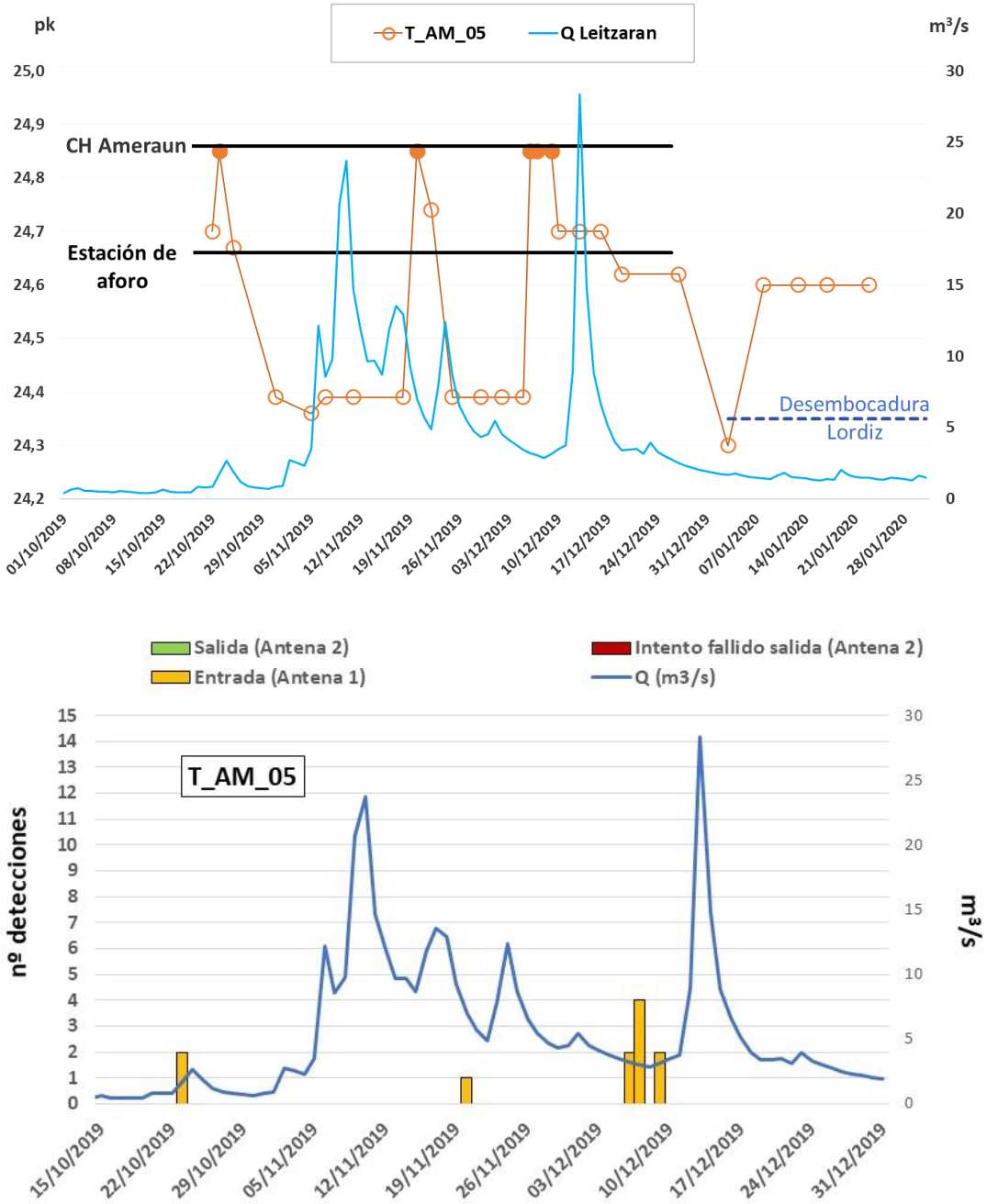


Figura 14. Comportamiento de la trucha T_AM_05 en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Ameraun (imagen superior) y mediante radioseguimiento manual (imagen inferior), el que cada icono redondeado es una localización.

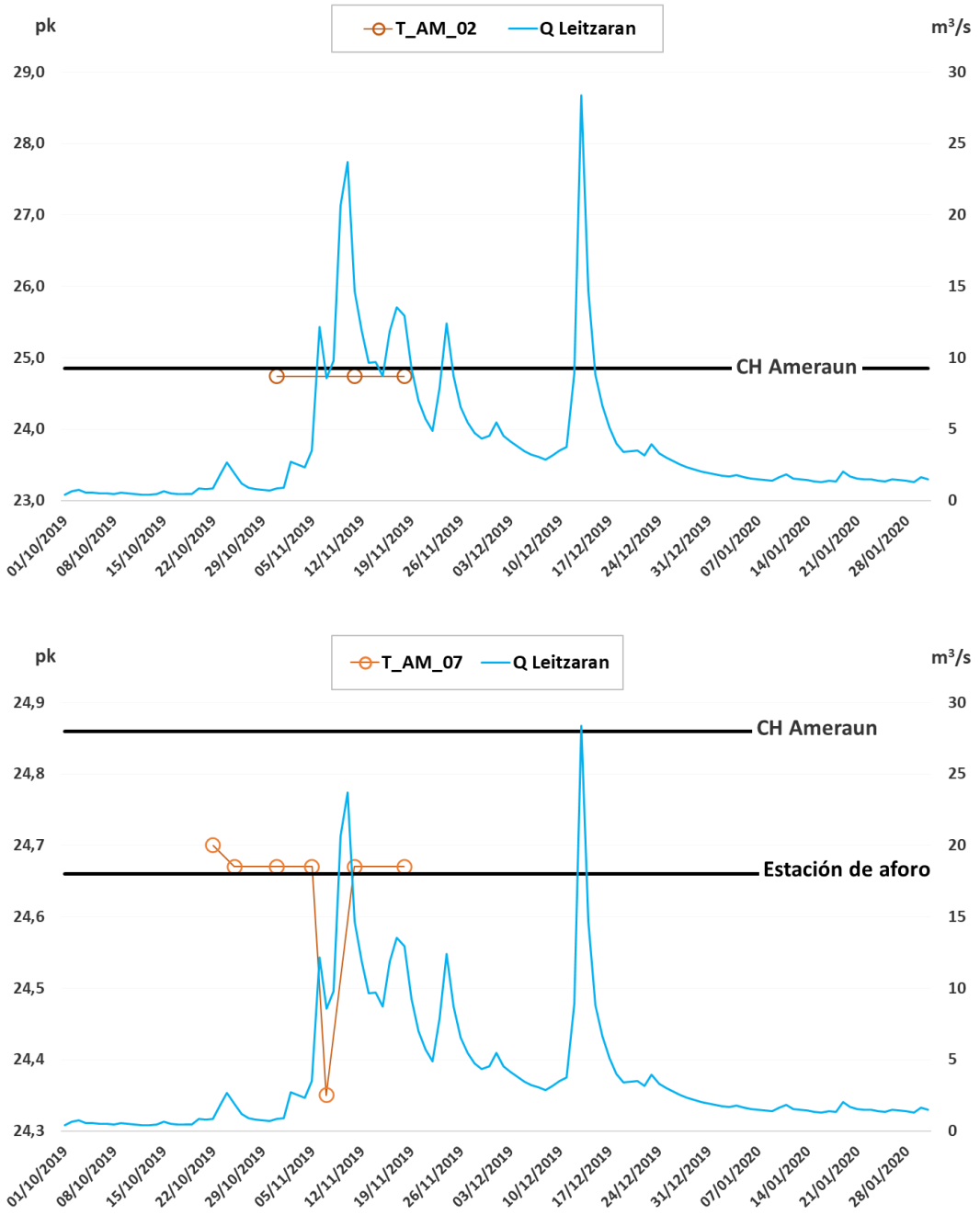


Figura 15. Comportamiento de las truchas T_AM_02 y T_AM_07 mediante radioseguimiento manual, el que cada icono redondeado es una localización.

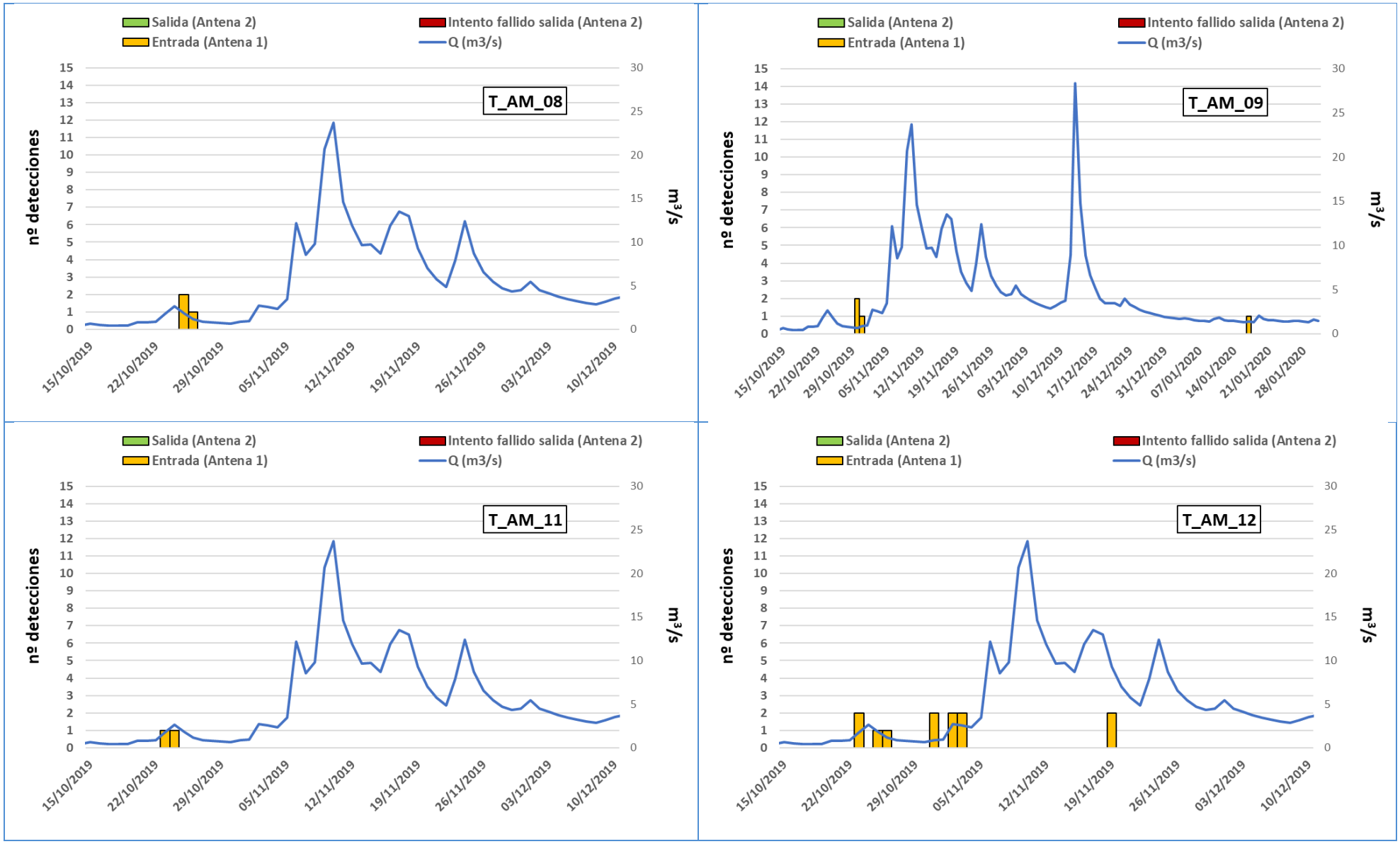


Figura 16. Comportamiento de las truchas que no logran superar la escala en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Ameraun.

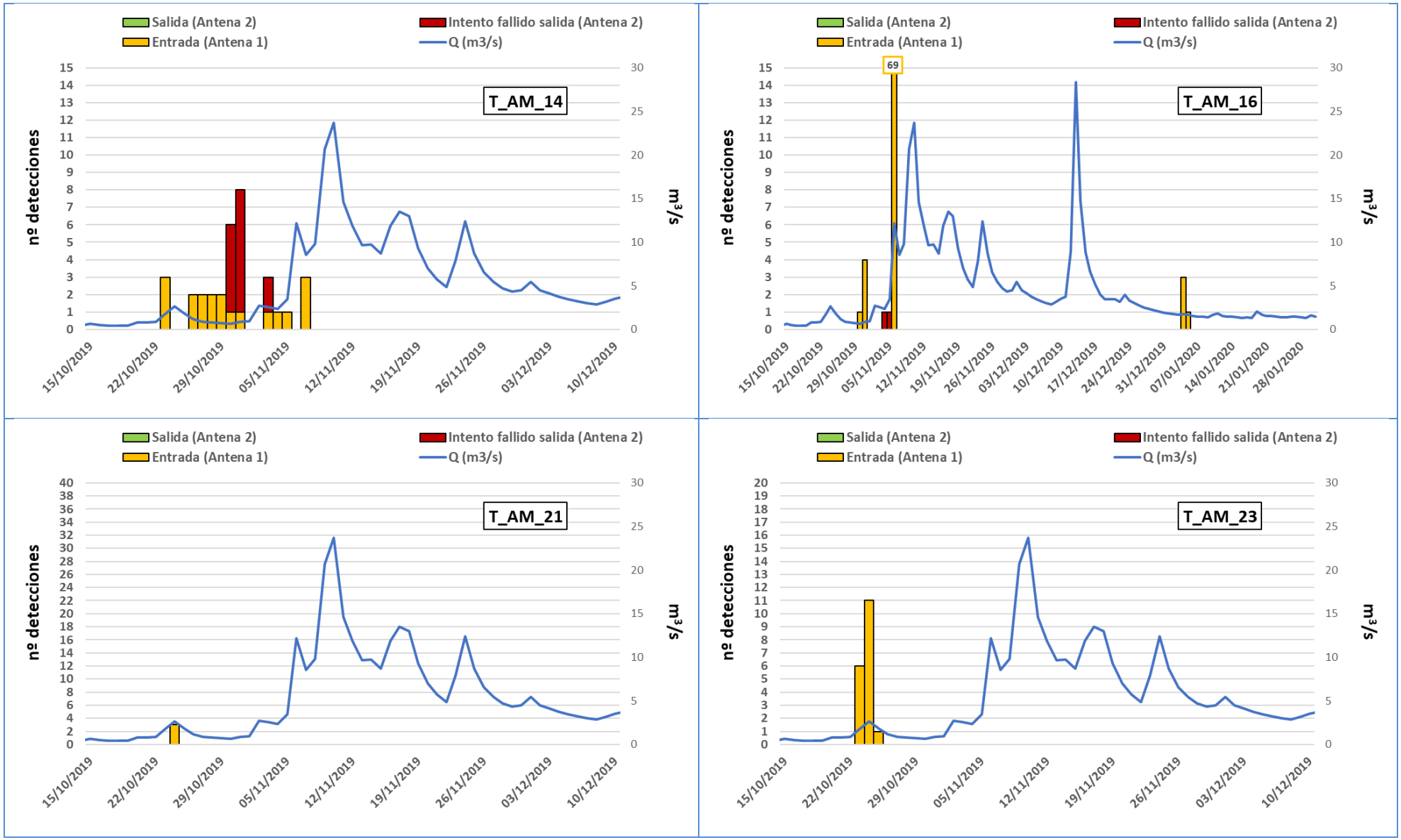


Figura 17. Comportamiento de las truchas que no logran superar la escala en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Ameraun.

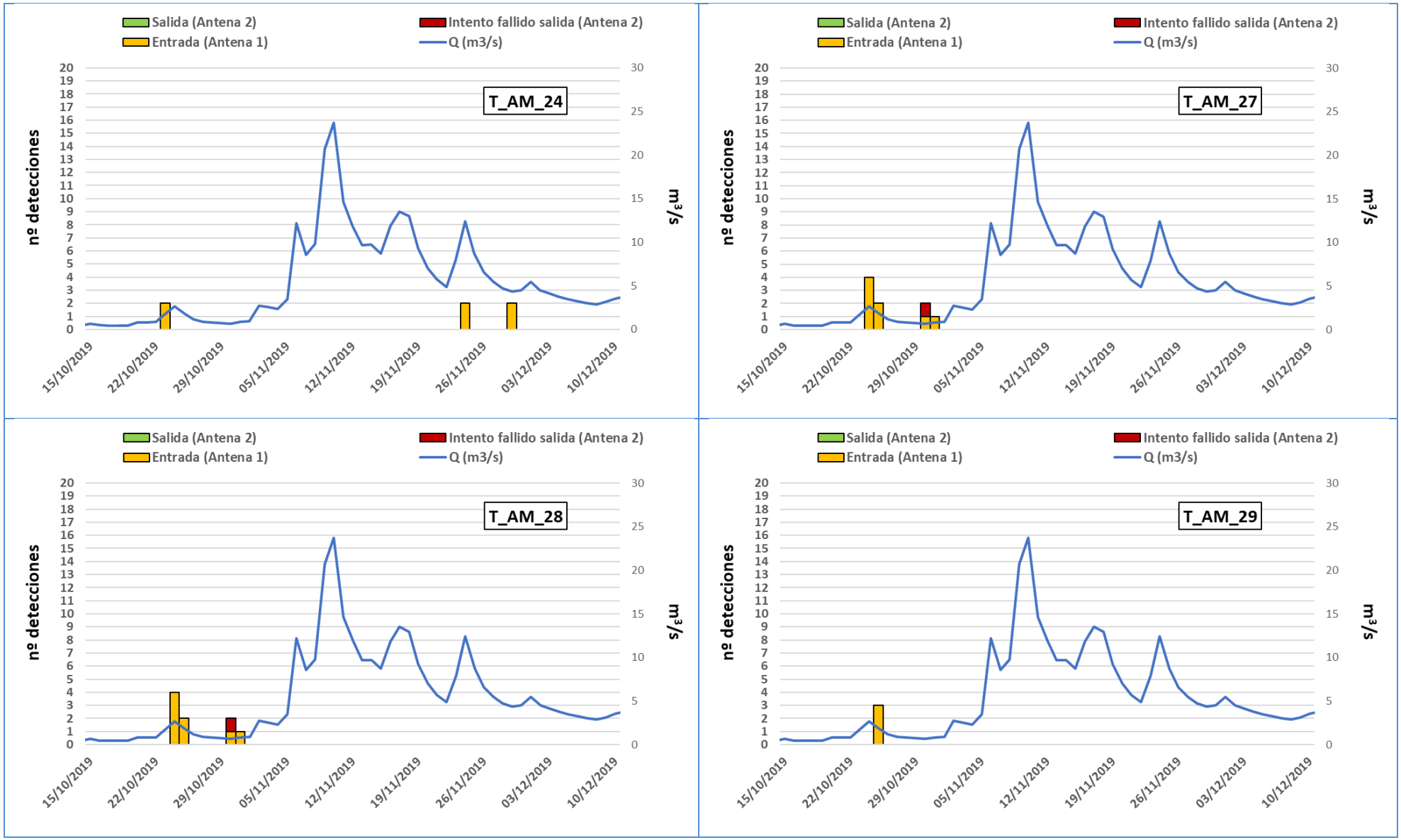


Figura 18. Comportamiento de las truchas que no logran superar la escala en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Ameraun.

7.2.2. 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 este caso, como consecuencia de las dificultades existentes para alcanzar la artesa superior y una vez alcanzada, superarla, las detecciones registradas permiten estimar los tiempos que han empleado las truchas para realizar los siguientes desplazamientos:

- **Tiempo de subida**: Tiempo transcurrido entre la última detección en la antena de entrada y la primera detección en la antena de salida o artesa superior. Es el tiempo que necesitan para atravesar 13 de las 14 artesas de la escala.
- **Tiempo de paso**: Tiempo transcurrido entre la última detección en la antena de entrada y la última detección en la antena de salida o artesa superior. Es el tiempo que necesitan para atravesar completamente la escala.
- **Tiempo de bajada**: Tiempo transcurrido entre la última detección en la antena de salida o artesa superior y la primera detección posterior en la antena de entrada. Es el tiempo que necesitan para retroceder o descender la escala hasta el punto de entrada.

Se cuenta con información de un total de 11 truchas, 8 de las cuales superan la escala en su totalidad (Tabla 4). La novena trucha que supera la escala (T_AM_06) no cuenta con registro del sistema automático de detección. Otras 3 truchas (T_AM_14; T_AM_16; T_AM_28) alcanzan la artesa superior pero no logran superarla y todas ellas descienden de nuevo por la escala, así como otros 3 ejemplares que posteriormente superan la escala (T_AM_03; T_AM_04; T_AM_20).

Para el **tiempo de subida**, se cuenta con 17 registros, correspondientes a 11 truchas. El tiempo medio es de **10 horas y 18 minutos**, con un máximo de 105 horas y un mínimo de 39 minutos. 4 truchas remontan la escala hasta la última artesa en más de una ocasión, mientras que el ejemplar T_AM_04 lo remonta hasta en 4 ocasiones.

Respecto al **tiempo de paso**, para un total de 8 truchas, el tiempo medio es de **14 horas y 46 minutos**, con un máximo de 47 horas y un mínimo de 1 hora y 20 minutos.

El **tiempo de bajada** es notablemente inferior. El tiempo medio es de **3 horas y 42 minutos**, con un máximo de 14 horas y un mínimo de 11 minutos.

El tiempo de subida y el tiempo de paso son muy elevados, las truchas permanecen en la escala durante mucho tiempo, incluso varias jornadas en algún caso. El tiempo medio de subida está en relación con el grado de dificultad existente para superar 13 artesas y alcanzar la última, es decir, para atravesar toda la escala excepto el último salto, donde se sitúa la antena de salida. Si se observan los tiempos de subida registrados y el caudal medio diario estimado del río Leitzaran en dichas jornadas, a excepción de los 2

valores extremos (105 horas y 19 horas), que quizá no correspondan a un remonte totalmente activo de la escala, el tiempo de subida aumenta al aumentar el caudal del río Leitzaran y en principio también el de la escala, aunque la relación no es por poco significativa (Tiempo superación: 20,171*Q+10,649; r:0,48; p=0,06; Figura 19). En cambio, para el tiempo de paso se cuenta únicamente con 8 registros y no se observa relación alguna con el caudal del río Leitzaran.

Atendiendo al **desnivel** que salvan las truchas para superar la escala, que en este caso es de 4,7 m de altura, **el tiempo medio de paso por cada metro de desnivel es de 3 horas y 08 minutos**, con un rango de entre 10 hora/m altura y 17 minutos/m altura.

Respecto al **tiempo de subida**, el requerido para atravesar la escala y alcanzar la última artesa, el **tiempo medio por cada metro de desnivel es de 2 horas y 11 minutos**, con un rango de entre 22 hora/m altura y 8 minutos/m altura.

Estos ratios son significativamente superiores a los observados hasta la fecha en los seguimientos realizados con trucha y salmón en el ámbito del LIFE IREKIBAI para las escalas de los azudes de la CH Abaloz, CH Bazkardo, CH Bertxin y CH Iberdrola, los cuales 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.). De esta forma, a efectos comparativos y excluyendo del análisis los tiempos de subida y paso más elevados, que quizá no correspondan a un remonte totalmente activo de la escala, el tiempo medio de paso por m de desnivel en la escala de la CH Ameraun es significativamente superior (Anova, d.f.:4, p<0,001) al registrado en las escalas de la CH Abaloz, CH Bazkardo, CH Bertxin y CH Iberdrola y el tiempo medio de subida en la CH de Ameraun es también significativamente superior (Anova, d.f.:4, p<0,001) al tiempo de paso registrado en dichas escalas (Tabla 5; Figura 20). Asimismo, tal y como se observó en anteriores estudios del LIFE IREKIBAI. el tiempo medio de paso es significativamente superior (Anova, d.f.:2, p<0,01) en Bertxin respecto a Abaloz y Bazkardo.

Tabla 4. Tiempo de paso, tiempo de subida y tiempo de bajada para un total de 15 truchas en la escala de la C.H. Ameraun.

Fecha	Trucha	Tiempo de paso (h:m:sg)		Tiempo de subida (h:m:sg)		Tiempo de bajada (h:m:sg)
		Tiempo	Tiempo medio/m altura	Tiempo	Tiempo medio/m altura	
23/10/2019	T_AM_03			3:39:07	0:46:37	
23/10/2019	T_AM_03					0:39:25
26/10/2019	T_AM_03	20:01:00	4:15:32	19:35:00	4:10:00	
23/10/2019	T_AM_04			1:29:52	0:19:07	
23/10/2019	T_AM_04					0:18:56
23/10/2019	T_AM_04			1:07:16	0:14:19	
23/10/2019	T_AM_04					0:14:36
26/10/2019	T_AM_04			0:39:01	0:08:18	
26/10/2019	T_AM_04					0:29:49
27/10/2019	T_AM_04	1:20:04	0:17:02	0:49:04		
25/10/2019	T_AM_10			4:43:58	1:00:25	
25/10/2019	T_AM_10	7:29:37	1:35:40			
30/10/2019	T_AM_14			2:48:40	0:35:53	
31/10/2019	T_AM_14					2:57:29
03/11/2019	T_AM_14			7:13:56	1:32:20	
04/11/2019	T_AM_14					2:29:38
04/11/2019	T_AM_16			105 horas	22:20:26	
06/11/2019	T_AM_16					0:11:13
23/10/2019	T_AM_17			5:19:10	1:07:54	
23/10/2019	T_AM_17	10:02:20	2:08:09			
23/10/2019	T_AM_20			3:43:38	0:47:35	
24/10/2019	T_AM_20					14:49:06
26/10/2019	T_AM_20			4:31:08	0:57:41	
27/10/2019	T_AM_20	22:35:00	4:48:18			
24/10/2019	T_AM_22			3:39:52	0:46:47	
24/10/2019	T_AM_22	5:31:02	1:10:26			
23/10/2019	T_AM_26			2:31:25	0:32:13	
23/10/2019	T_AM_26	4:10:27	0:53:17			
30/10/2019	T_AM_28			2:55:45	0:37:24	
31/10/2019	T_AM_28					11:12:00
23/10/2019	T_AM_30			5:35:57	1:11:29	
25/10/2019	T_AM_30	47 horas	10 horas			
	Promedio	**14:46:11**	**3:08:33**	**10:18:59**	**2:11:42**	**3:42:28**
	Máximo	47 horas	10:00:00	105 horas	22:20:26	14:49:06
	Mínimo	1:20:04	0:17:02	0:39:01	0:08:18	0:11:13

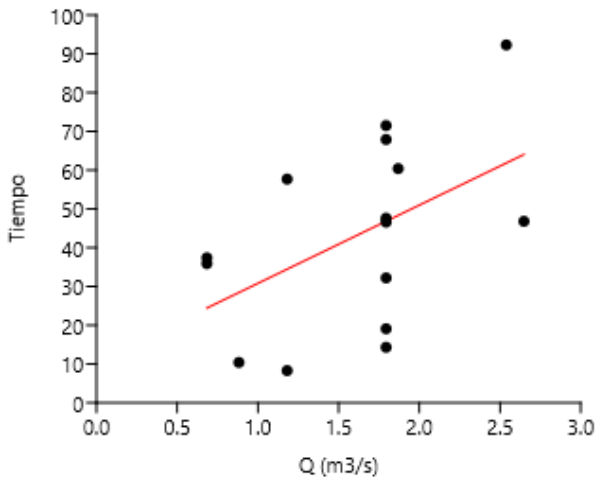


Figura 19. Relación entre el tiempo de subida y el caudal medio diario del río Leitzaran

Tabla 5. Tiempo de paso por m de desnivel para escalas objeto de seguimiento en el LIFE IREKIBAI y tiempo de subida para la CH Ameraun.

Tiempo (min.)/m desnivel	CH Abaloz	CH Bazkardo	CH Bertxin	CH Iberdrola	CH Ameraun	
					Tiempo paso	Tiempo subida
N	29	11	15	4	7	15
Min	4,2	3,7	9,6	8,6	17,0	8,3
Max	19	31,6	60,2	15,39	288,3	92,3
Mean	**10,0**	**11,1**	**18,8**	**12,4**	**129,8**	**43,2**

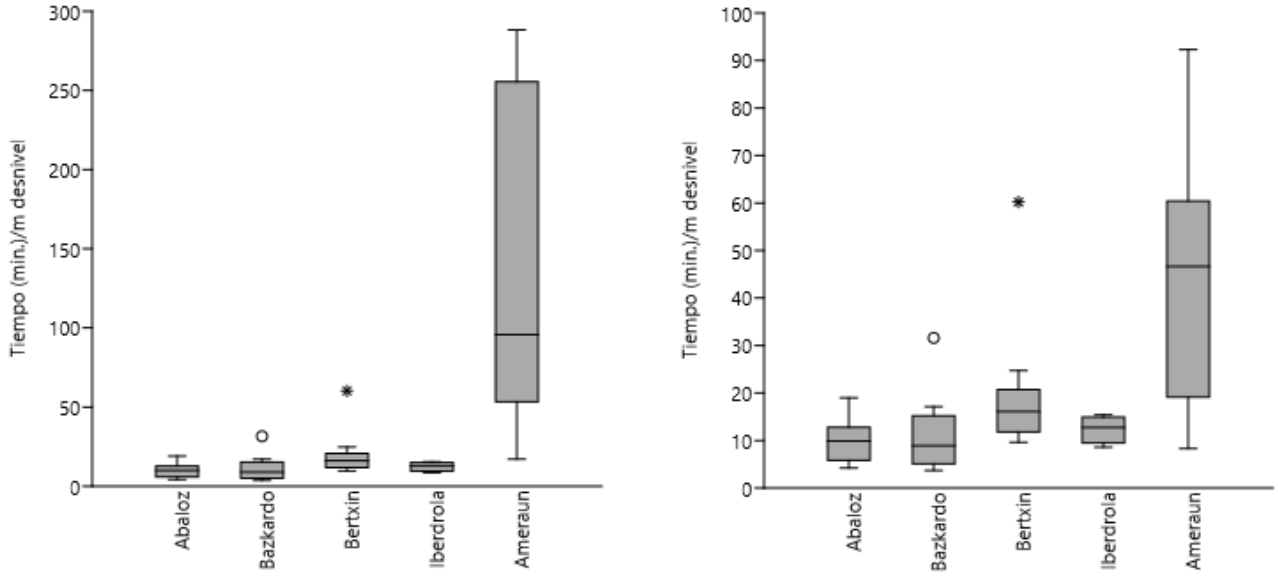


Figura 20. Tiempo de paso (min.) por m de desnivel para escalas objeto de seguimiento en el LIFE IREKIBAI (izquierda) y tiempo de subida para la CH Ameraun (derecha).

7.2.3. 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 estimado para el río Leitzaran[1], ofrece una valoración indirecta al respecto. El caudal del río Leitzaran se estima en la estación de aforo localizada en la parte baja del río, mientras que el caudal en el tramo de Ameraun, por encima del azud, se estima por proporcionalidad de cuenca.

El caudal circulante por el río es un parámetro imprescindible para valorar en qué rango de caudales funciona correctamente el dispositivo de paso. El objetivo para cualquier dispositivo de paso debería ser (Larinier et al. 2002; Hefti D. 2012), que éste funcionara correctamente o fuera permeable durante el periodo en el que los caudales circulantes en el río Leitzaran se encuentran entre caudales bajos (Q90) y aproximadamente 2-2,5 veces el caudal medio diario anual (Q11 y Q8 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 a la altura de Ameraun de entre 0,470 m^3/s y 6,592 m^3/s, si se tiene en cuenta que el caudal medio diario anual en este punto del río es de 2,637 m^3/s.

Los pasos de trucha a través de la escala, así como los intentos para superarla, se concentran principalmente en el mes de octubre (Figura 6), en relación con el primer aumento o pico de caudal del 24 de octubre (2,648 m^3/s). Las 9 truchas que superan la escala lo hacen con caudales de entre 0,882 m^3/s y 2,648 m^3/s, equivalente a un caudal clasificado de Q69 y Q28 respectivamente y con un valor medio de 1,628 m^3/s (Q45).

Respecto a los intentos, para un total de 68 intentos fallidos, los caudales medios diarios son de entre 0,684 m^3/s y 12,385 m^3/s, equivalente a un caudal clasificado de Q95 y Q7 respectivamente y con un valor medio de 1,628 m^3/s. No se observan diferencias significativas entre el caudal medio de paso y el caudal medio de los intentos fallidos (T-Student; $p=0,31$).

Sin embargo, mientras que los intentos fallidos abarcan un amplio rango de caudales (Q95-Q7), 8 de los 9 pasos corresponden a caudales situados por debajo de 1,9 m^3/s, en un rango de entre Q69 y Q40, es decir, no se registran pasos con caudales superiores, de entre Q35-Q9 (2,1-3,5 m^3/s), ni tampoco con caudales muy bajos de entre Q80-Q90 (<0,627 m^3/s). Pueden por tanto existir problemas para superar el paso con caudales elevados (el tiempo de subida aumenta al aumentar los caudales; Figura 19, y, por otro lado, los problemas para superar la escala con caudales bajos pueden tener relación con un desnivel máximo de salto en la última artesa.

Por otra parte, si se observa el régimen hidrológico durante el periodo de estudio (Figura 6), el caudal del río Leitzaran ha estado por encima de los 3 m^3/s, equivalente a un caudal clasificado Q24, durante 33 días

[1] Serie de caudales 1995-2019 con origen en la estación de aforo del río Leitzaran de la Diputación Foral de Gipuzkoa, Departamento de Obras Hidraúlicas.

consecutivos, del 5 de noviembre al 7 de diciembre y excepto el día 8 de diciembre, que registra un caudal medio de 2,8 m^3/s, esta situación se prolonga hasta el día 25 de diciembre, un total de 51 días. Por tanto, la dificultad de paso observada con caudales elevados en la escala se ve agravada por el régimen hidrológico del periodo de migración en el año 2019.

Tabla 6. Caudal medio diario estimado (m^3/s) y caudales clasificados en el río Leitzaran durante las jornadas en las cuales las truchas superan y no logran superar la escala de la C.H. Ameraun.

	Trucha	Fecha	Caudal (m3/s)	Caudal clasificado
Total pasos (n=9)	T_AM_03	26/10/2019	1,181	Q58
	T_AM_04	27/10/2019	0,882	Q69
	T_AM_06	02/01/2020	1,735	Q42
	T_AM_10	25/10/2019	1,869	Q40
	T_AM_17	23/10/2019	1,794	Q41
	T_AM_20	27/10/2019	0,882	Q69
	T_AM_22	24/10/2019	2,648	Q28
	T_AM_26	23/10/2019	1,794	Q41
	T_AM_30	25/10/2019	1,869	Q40
	Promedio:		**1,628**	**Q45**
	Máximo:		2,648	Q28
	Mínimo:		0,882	Q69
Total intentos (n=68)	**Promedio:**		**2,562**	**Q50**
	Máximo:		12,385	Q7
	Mínimo:		0,684	Q95

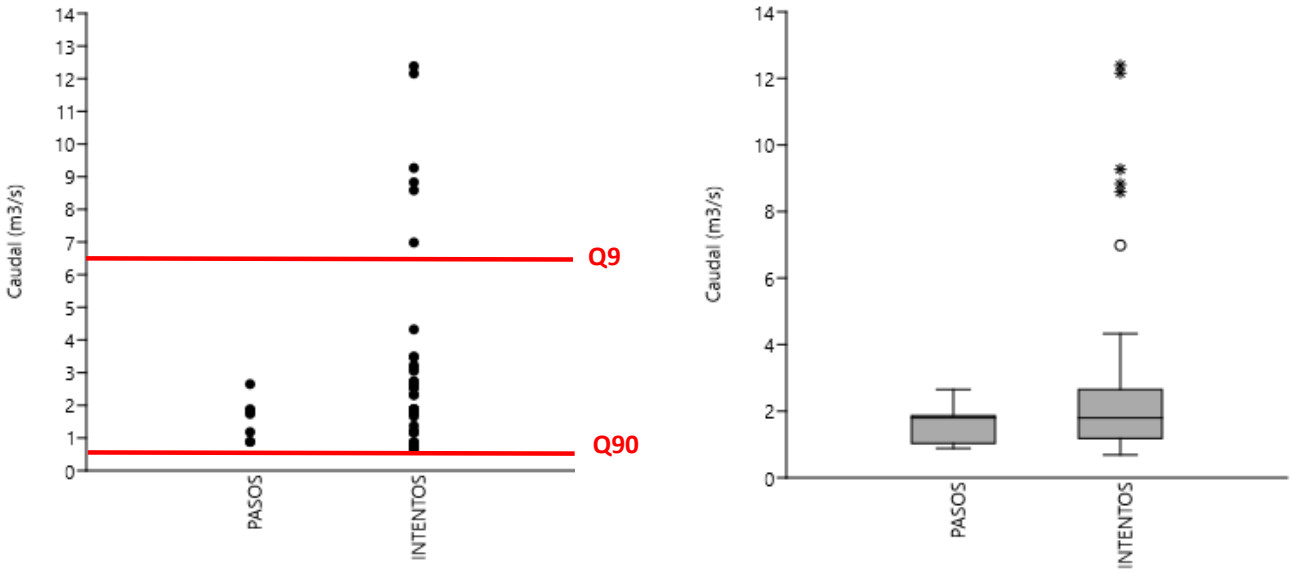


Figura 21. Caudal medio diario (m^3/s) estimado para el río Leitzaran durante las jornadas en las que se registran los pasos de trucha e intentos fallidos a través de la escala de la C.H. Ameraun y rango de caudales en el que debería ser funcional o permeable cualquier dispositivo de paso (Q9-Q90).

7.2.4. DISTRIBUCIÓN HORARIA DETECCIONES - MIGRACIÓN

A partir de las detecciones registradas en las 2 antenas de la escala de la C.H. Ameraun, se conoce el momento exacto y la franja horaria en la que se desplazan o migran las truchas (Tabla 7, Figura 22). Para ello se cuenta con un total de 413 detecciones de trucha en la escala.

Las detecciones o actividad de las truchas en la escala se reparten de similar manera entre la franja diurna y nocturna, con un 53% de detecciones diurnas y un 47% de detecciones nocturnas.

Estos resultados no 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), así como en los seguimientos realizados con trucha y salmón en el LIFE IREKIBAI, donde la actividad migratoria corresponde en gran medida a la franja diurna, y con mayor actividad al atardecer, entre las 12.00-18:00 horas. Es probable que la mayor actividad nocturna observada en esta escala sea consecuencia de la dificultad existente para superarla, lo que provoca que las truchas permanezcan en su interior durante mucho tiempo y realicen desplazamientos en cualquier momento del día.

Tabla 7. Distribución diaria de las detecciones de truchas marcadas en la escala de la C.H. Ameraun.

Actividad-detecciones	Nº	%
Franja diurna (8:00-19:00)	220	53
Franja nocturna (20:00-07:00):	193	47
Total	**413**	

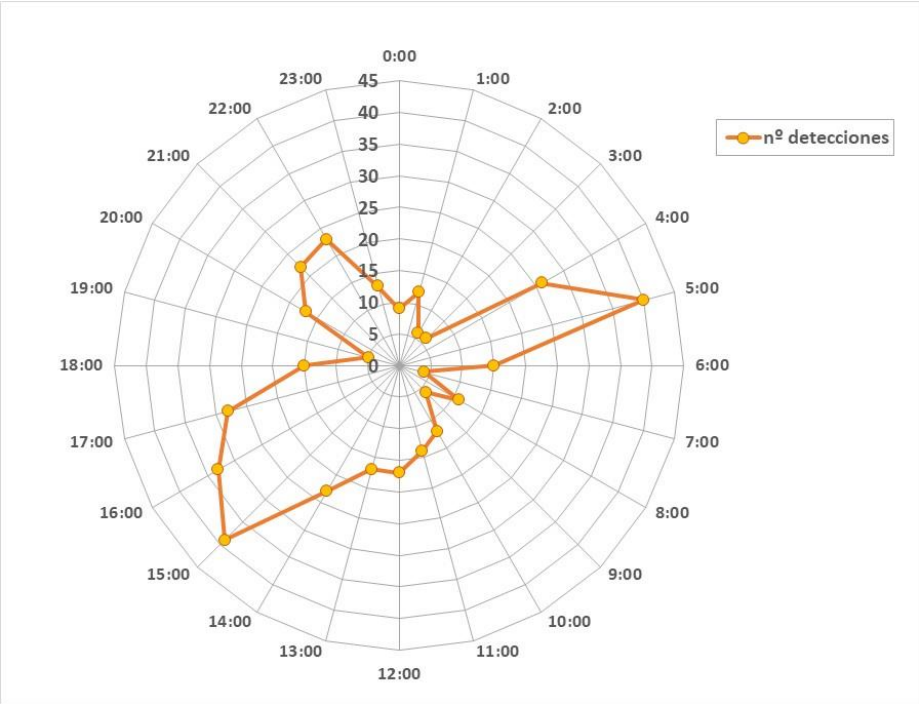


Figura 22. Distribución diaria de las detecciones de truchas marcadas en la escala de la C.H. Ameraun.

7.3. EFICACIA

7.3.1. EFICACIA DEL DISPOSITIVO DE PASO

De un total de 22 ejemplares que intentan remontar la escala o son detectados en su interior, son 9 los ejemplares que la superan en su totalidad, por lo que la **eficacia de la escala o dispositivo de paso de la C.H. Ameraun es del 41%**.

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. Plazaola, de un total de 30 truchas marcadas y liberadas aguas abajo, son 22 los ejemplares que logran acceder a la escala, por lo que la **eficacia de la llamada es del 73%**.

7.3.3. EFICACIA TOTAL

De un total de 30 truchas marcadas para seguimiento, son 9 los ejemplares que remontan o superan la escala, por lo que la **eficacia total es del 30%**.

Tabla 8. Eficacia del dispositivo de paso, eficacia de la llamada y eficacia total.

EFICACIA	Nº Truchas
Intentos	22
Pasos	9
Eficacia del dispositivo:	**41%**
Marcadas	30
Detectadas en la escala	22
Eficacia de la llamada:	**73%**
Marcadas	30
Superan la escala	9
Eficacia total:	**30%**

7.4. 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 (Anova; d.f.=2; p=0,778), con una longitud media de entre 255 mm y 268 mm para los 3 grupos. Tampoco se observan diferencias significativas en la condición media de los 3 grupos (Anova; d.f.=2; p=0,860).

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 mayor parte de los pasos e intentos se realizan en el mes de octubre y que la temperatura del agua no varía significativamente (entre 13-17 °C), las truchas de mayor talla podrían superar la escala en menor tiempo.

Se observa una relación significativa en el tiempo de subida y la longitud de las truchas (r^2=0,533; p<0,01), con un menor tiempo para las truchas de mayor talla, a excepción de los 2 valores extremos (105 horas y 19 horas), que quizá no correspondan a un remonte totalmente activo de la escala. En cambio, para el tiempo de paso se cuenta únicamente con 8 registros y no se observa relación alguna.

Tabla 9. 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 ±	Rango	Media ±	Rango
Marcadas	30	**255**±49	203-400	**1,06**±0,08	0,83-1,20
Intentan	22	**255**±45	203-400	**1,06**±0,09	0,83-1,20
Pasan	9	**268**±69	203-400	**1,08**±0,07	0,97-1,19

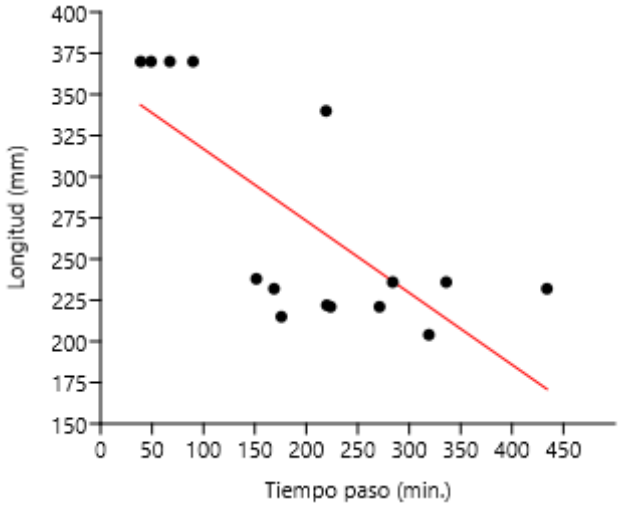
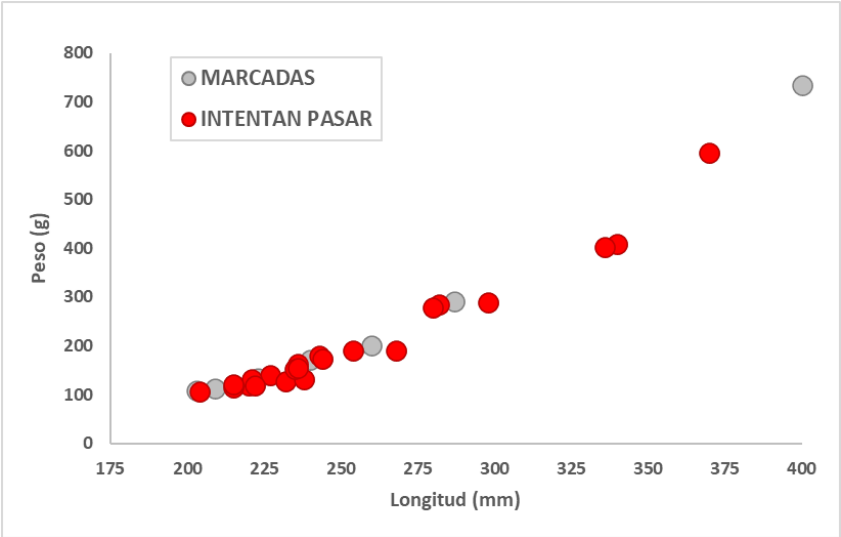


Figura 23. Relación entre la longitud furcal de las truchas y el tiempo de subida en la escala de la CH Ameraun.



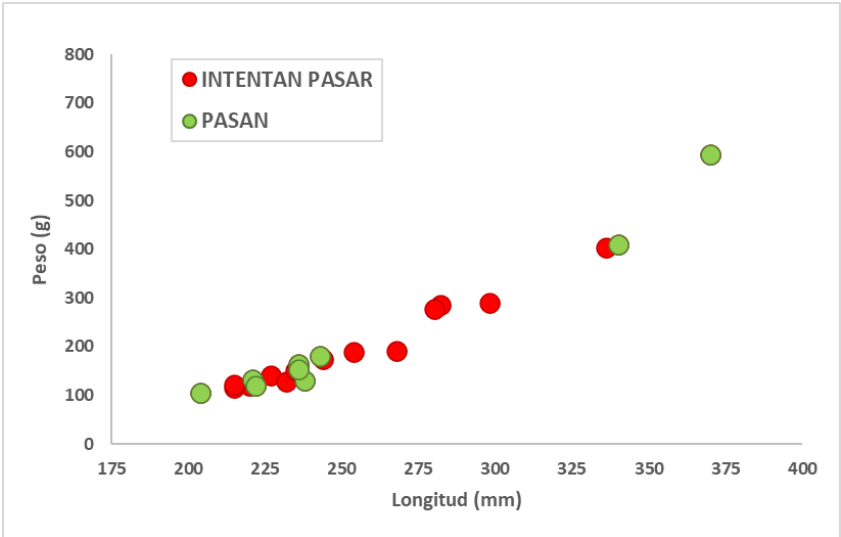


Figura 24. Relación talla-peso de las truchas marcadas (puntos grises arriba), la fracción que intenta superar la escala (puntos rojos) y la que logra superarla (puntos verdes).

7.5. RADIOSEGUIMIENTO Y DESPLAZAMIENTOS

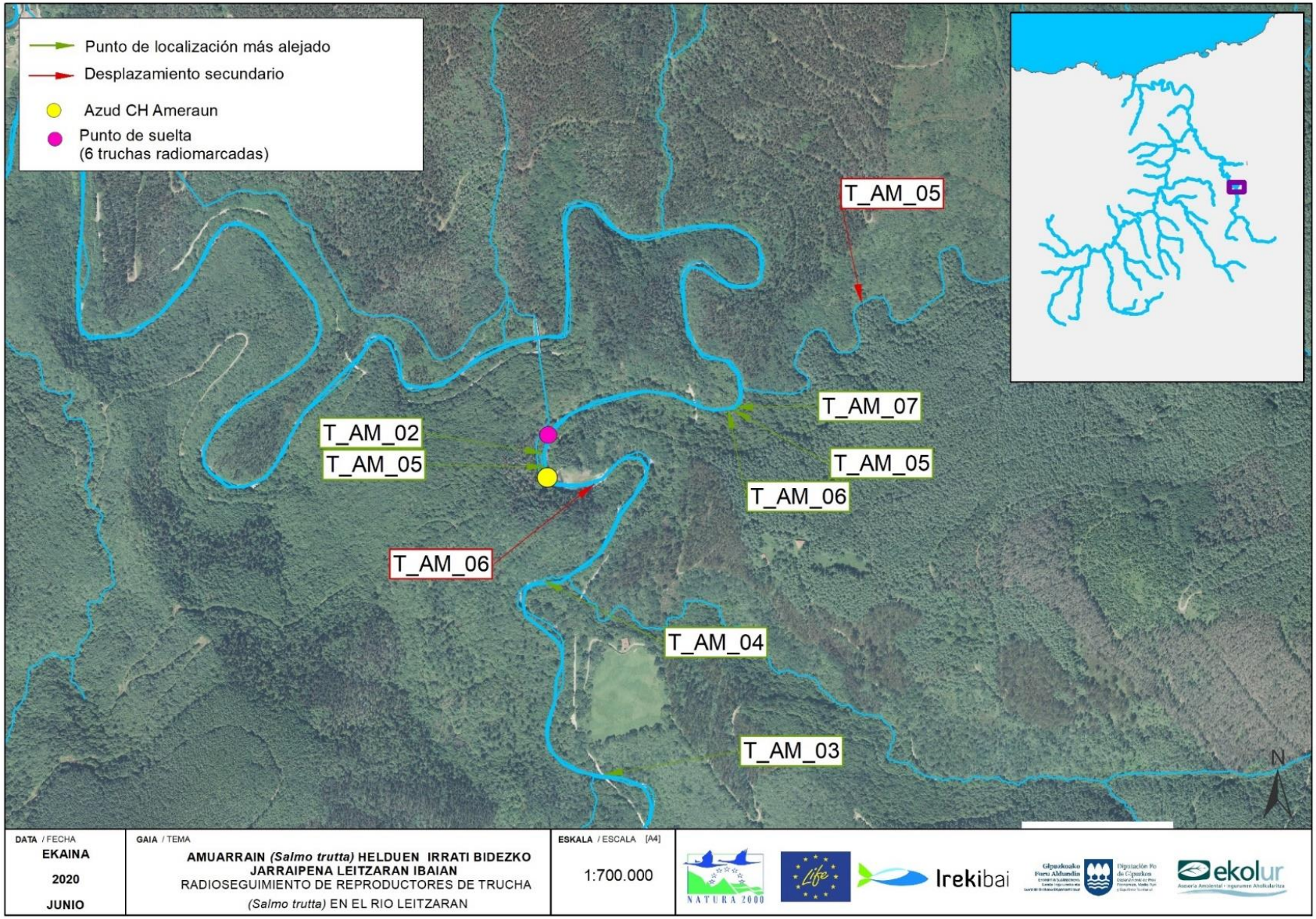
El radioseguimiento manual realizado permite localizar las truchas marcadas fuera del ámbito o alcance del sistema de detección pasiva, que se ciñe en exclusiva a la escala de peces. De esta forma, se ha identificado el comportamiento, desplazamientos realizados por 6 truchas radiomarcadas y otras incidencias durante el periodo de estudio, lo cual permite validar el funcionamiento del sistema de detección pasiva y ayuda a interpretar de manera más precisa la información recopilada durante el periodo de estudio.

En el apartado *7.2.1.1. Intentos de paso–comportamiento individual*, se incluyen de forma gráfica los desplazamientos realizados por las 6 truchas radiomarcadas, información que se contrasta con las detecciones en el interior de la escala. Tres de estos ejemplares superan la escala y se desplazan río arriba hasta un máximo de 1 km de distancia (T_AM_03; T_AM_04; T_AM_06), mientras que un cuarto ejemplar (T_AM_05) es detectado en la escala en sucesivas ocasiones y desciende río abajo para posteriormente remontar la regata Lordiz en periodo reproductor (enero).

En el caso de las truchas T_AM_02 y T_AM_07, no parece que intenten superar la escala, no son detectadas en ninguna de las antenas y permanecen aguas abajo del azud de Ameraun durante el periodo de estudio. En ambos casos no vuelven a ser localizadas en el área de estudio a partir del día 18 de noviembre, por lo que es probable que haya sido depredadas.

Cabe destacar que 3 ejemplares (T_AM_05; T_AM_06; T_AM_07) superan la estación de aforo de Ameraun (Figura 14; Anexo I), localizada 100 m aguas abajo del azud de Ameraun, con relativa facilidad y en más de una ocasión.

Las 6 truchas radiomarcadas han realizado en general desplazamientos de reducida magnitud, tanto río arriba una vez superada la escala, como río abajo, principalmente por no poder superar la escala. Los desplazamientos río arriba abarcan un tramo de 1 km de longitud y de unos 500 m aguas abajo. Cabe destacar el caso de la trucha T_AM_05, que remonta unos 300 m en la regata Lordiz en periodo reproductor. Las restantes truchas se establecen en el río principal durante el periodo reproductor. A continuación, se incluye una figura que resume los desplazamientos detectados mediante radioseguimiento manual durante el periodo de estudio.


Punto de localización más alejado
Desplazamiento secundario
Azud CH Ameraun
Punto de suelta
(6 truchas radiomarcadas)
T_AM_05
T_AM_07
T_AM_02
T_AM_05
T_AM_05
T_AM_06
T_AM_06
T_AM_04
T_AM_03
N
DATA / FECHA
EKAINA
2020
JUNIO
GAIA / TEMA
AMUARRAIN (Salmo trutta) HELDUEN IRRATI BIDEZKO JARRAIPENA LEITZARAN IBAIAN
RADIOSEGUIMIENTO DE REPRODUCTORES DE TRUCHA
(Salmo trutta) EN EL RIO LEITZARAN
ESKALA / ESCALA [A4]
1:700.000
NATURA 2000
Life
Irekibai
ekolur

8. RESULTADOS – CH PLAZAOLA

8.1. TRUCHAS MARCADAS PARA SEGUIMIENTO

En fecha 21/10/2019 se capturaron un total de 30 truchas adultas, 18 de ellas aguas abajo y otras 12 truchas aguas arriba del azud de la CH Plazaola, las cuales fueron marcadas y posteriormente liberadas aguas abajo del azud. La longitud media de estos ejemplares es de 276 mm (rango: 220-432 mm), con un peso medio de 265 g (rango: 118-905 g) y un coeficiente de condición medio de 1,131 (rango: 0,746-1,308). En la Tabla 10 se incluyen las características biométricas de estos ejemplares.

Tabla 10. Código de marca pit, frecuencia de emisor (MHz), longitud (mm), peso (g) y condición (K) de las truchas marcadas para seguimiento aguas abajo del azud de la CH Plazaola.

Código trucha	Código pit	Freq (MHz)	Longitud (mm)	Peso (g)	K
T_PLA_01	071170F4C74B330B	142,382	432	905	1,123
T_PLA_02	071170F4C74B830C	142,391	362	580	1,223
T_PLA_03	071170F4C74B300B	142,403	259	189	1,088
T_PLA_04	071170F4C74B340E	142,412	300	310	1,148
T_PLA_05	071170F4C74B4810	142,421	310	388	1,302
T_PLA_06	071170F4C74B8B0B	142,431	338	405	1,049
T_PLA_07	071170F4C74B1F10		246	182	1,223
T_PLA_08	071170F4C74B7F0A		220	118	1,108
T_PLA_09	071170F4C74B8209		225	131	1,150
T_PLA_10	071170F4C74B310B		264	208	1,130
T_PLA_11	071170F4C74B4D0C		268	229	1,190
T_PLA_12	071170F4C74B2910		284	296	1,292
T_PLA_13	071170F4C74B3A0D		235	131	1,009
T_PLA_14	071170F4C74B5C09		267	142	0,746
T_PLA_15	071170F4C74B4B0B		233	152	1,202
T_PLA_16	071170F4C74B330F		228	128	1,080
T_PLA_17	071170F4C74B590E		290	287	1,177
T_PLA_18	071170F4C74B3E0B		256	196	1,168
T_PLA_19	071170F4C74B4C0B		411	721	1,039
T_PLA_20	071170F4C74B810D		300	331	1,226
T_PLA_21	071170F4C74B5A0C		240	172	1,244
T_PLA_22	071170F4C74B900E		311	345	1,147
T_PLA_23	071170F4C74B260D		276	228	1,084
T_PLA_24	071170F4C74B260E		239	148	1,084
T_PLA_25	071170F4C74B510D		269	190	0,976
T_PLA_26	071170F4C74B4110		259	173	0,996
T_PLA_27	071170F4C74B3D0B		267	210	1,103
T_PLA_28	071170F4C74B660E		255	180	1,086
T_PLA_29	071170F4C74B432F		224	147	1,308
T_PLA_30	071170F4C74B7E09		226	141	1,222

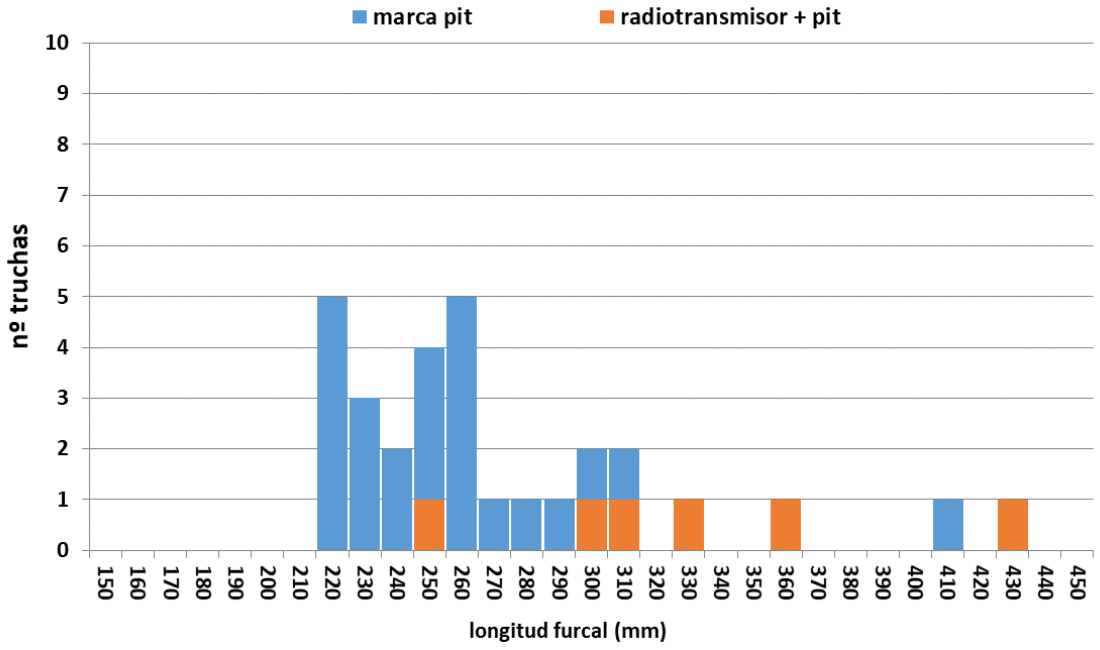


Figura 25. Distribución de clases de talla de las 30 truchas marcadas y liberadas aguas abajo del azud de la C.H. Plazaola en el río Leitzaran en octubre de 2019.

8.2. ABUNDACIA Y DISTRIBUCIÓN DE INTENTOS DE PASO

Durante el periodo de seguimiento, desde el 21/10/2019 hasta el 31/01/2020, se registra el desplazamiento de 15 truchas por el interior de la escala de un total de 30 ejemplares marcados y liberados aguas abajo del azud de la CH Plazaola. **Ninguna de estas 15 truchas detectadas logra superar la escala**, 4 de las cuales no llegan hasta la antena superior o de salida (no son detectadas en ella) y otras 11 truchas atraviesan toda la escala y son detectadas en la antena superior o de salida, pero no la superan y descienden o incluso saltan fuera de la escala para retornar al río Leitzaran.

El periodo de seguimiento abarca 103 días consecutivos y los intentos fallidos de un total de 15 truchas de superar la escala abarcan prácticamente todo el periodo de estudio, 102 jornadas, desde el 21/10/2019 al 30/01/2020. Se considera como intento cada una de las jornadas en la que una trucha es detectada en el interior de la escala. **La mayor parte de los intentos de paso corresponden al mes de octubre** (Figura 26, Tabla 11), el 58% de los intentos, el 27% corresponde al mes de noviembre y el 15% al mes de enero. No se registra ningún intento en el mes de diciembre. Del mismo modo que en el seguimiento realizado en Plazaola, estas **fechas de migración registradas son un tanto tempranas**, las cuales parecen ser **consecuencia del primer aumento de caudal registrado en octubre.**

Tabla 11. Distribución de lecturas en cada una de las antenas para el total de las 15 truchas detectadas en la escala de la C.H. Plazaola y fecha de última detección.

Trucha	Nº detecciones			Supera la escala	Lugar captura	Fecha de última detección
	Antena 1 (entrada)	Antena 2 (salida)	Total			
T_PLA_01	7	7	14	NO	Arriba azud	31/10/2019
T_PLA_03	2		2	NO	Arriba azud	28/10/2019
T_PLA_04	7	2	9	NO	Arriba azud	25/10/2019
T_PLA_05	12	1	13	NO	Arriba azud	30/01/2020
T_PLA_09	4	13	17	NO	Arriba azud	26/10/2019
T_PLA_11	11	25	36	NO	Arriba azud	04/11/2019
T_PLA_12	8	4	12	NO	Arriba azud	30/10/2019
T_PLA_15	12	23	35	NO	Abajo azud	27/11/2019
T_PLA_19	5	8	13	NO	Abajo azud	17/11/2019
T_PLA_21	4		4	NO	Abajo azud	31/10/2019
T_PLA_22	4	11	15	NO	Abajo azud	02/11/2019
T_PLA_25	2	5	7	NO	Abajo azud	02/11/2019
T_PLA_27	2	6	8	NO	Abajo azud	02/11/2019
T_PLA_28	4		4	NO	Abajo azud	22/10/2019
T_PLA_30	2		2	NO	Abajo azud	25/01/2020
Total	**86**	**105**	**191**			
Promedio	**5,7**	**9,5**				
Promedio CH Bertxin	1,7	2,1				
Promedio CH Iberdrola	2,4	8,5				
Promedio CH Olaberri	21,0	4,0				
Promedio CH Ameraun	10,4	16,8				

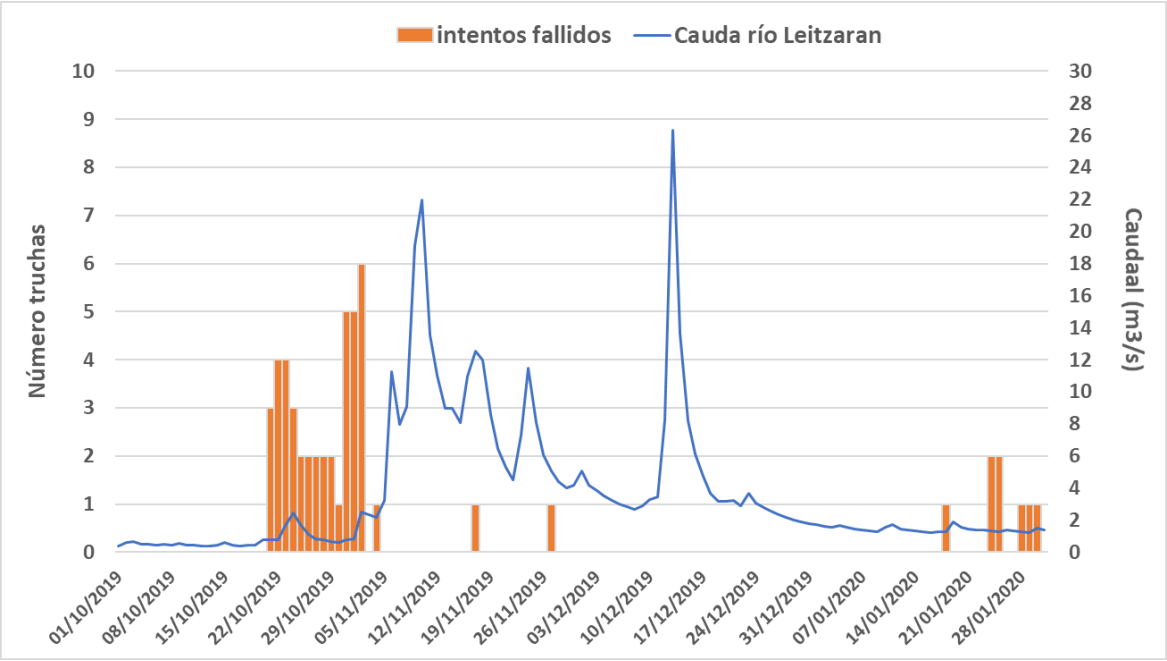


Figura 26. Distribución de intentos fallidos de trucha en la escala de la C.H. Plazaola durante el periodo de seguimiento y caudal medio diario estimado para el río Leitzaran.

8.2.1. INTENTOS DE PASO FALLIDOS

Todos los intentos de paso registrados en la escala de la C.H. Plazaola han resultado fallidos, es decir, ninguna trucha logra superar la escala. Un indicador de los problemas existentes para superar la escala es la abundancia de registros en las dos antenas de detección, a la entrada y a la salida.

Para las 15 truchas detectadas en la escala, el **número medio de detecciones a la entrada** de la escala es de **5,7 detecciones** y de **9,5 detecciones a la salida** de la escala en la artesa superior (Tabla 11; Figura 27). Las detecciones en la artesa superior muestran la imposibilidad de paso a través del reducido espacio disponible bajo la compuerta (Figura 9, Anexo II), donde se registra un número máximo de hasta 23 y 25 detecciones para las truchas T_PLA_11 y T_PLA_15 respectivamente.

Estos resultados son muy superiores a los registrados en otros estudios de seguimiento, tal y como se describe en la página 22 de este documento y se asemejan a los registros observados en la escala de la C.H. Ameraun, de baja permeabilidad.

Otro indicador de las dificultades existentes para superar la escala es el del número de jornadas en el que se detecta cada trucha en la escala. Para **las 15 truchas que intentan supera la escala, como promedio son detectadas en ella en 3,5 jornadas**, con un máximo de 10 jornadas y un mínimo de 1 jornada (Figura 28).

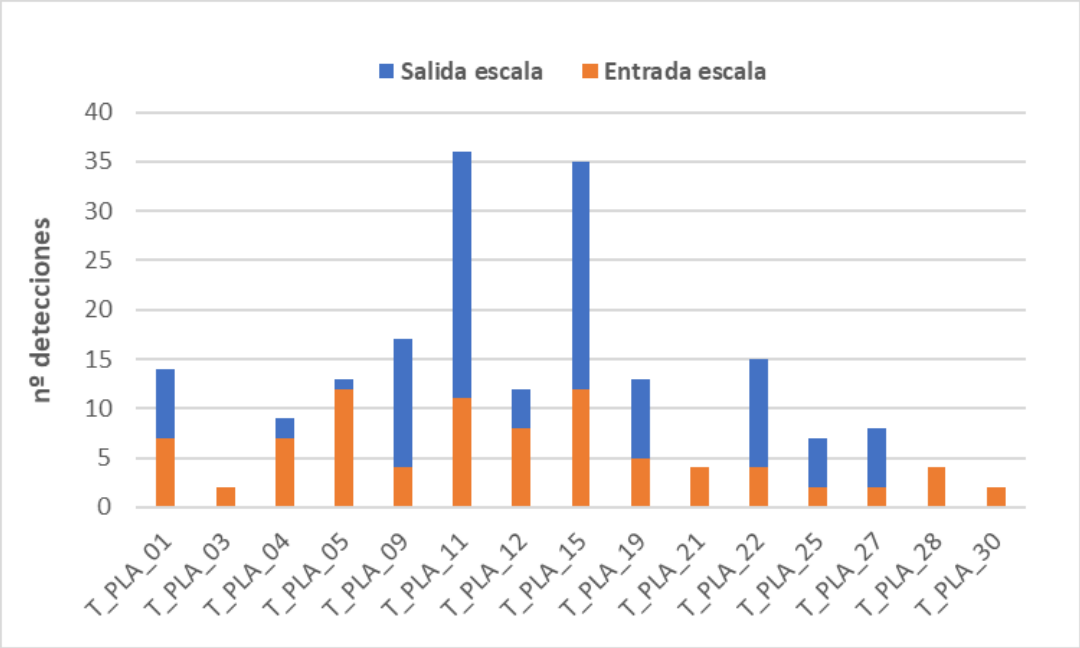


Figura 27. Número de detecciones a la entrada y salida de la escala de la CH Plazaola, entre octubre de 2019 y enero de 2020.

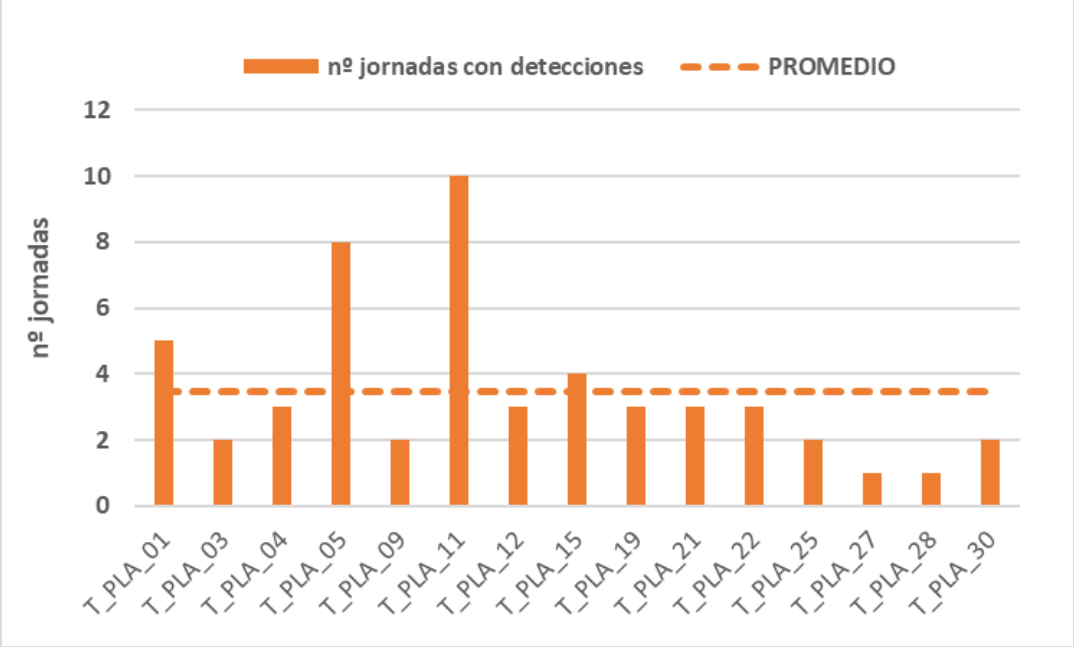


Figura 28. Número de jornadas con detecciones en la escala de la CH Plazaola, entre octubre de 2019 y enero de 2020.

8.2.1.1. Intentos de paso – comportamiento individual

A continuación, se incluye la interacción de cada trucha con la escala, los intentos realizados y el comportamiento observado en base a las detecciones individuales de las 15 truchas en la escala y mediante radioseguimiento manual para 6 de ejemplares.

En las figuras que se adjuntan a continuación, las detecciones en la antena de entrada a la escala tienen color naranja y las detecciones en la antena superior o de salida, las cuales corresponden en todos los casos a intentos fallidos de paso, tienen color rojo. El radioseguimiento de algunos de los ejemplares muestra que, tras numerosas detecciones, tanto a la entrada y/o a la salida de la escala, no logran superarla y retroceden aguas abajo. En algunos casos vuelven a intentarlo (por ej. Trucha T_PLA_01 o T_PLA_05) o no vuelven a ser detectados en la escala (por ej. Trucha T_PLA_03 o T_PLA_04).

Por otra parte, debido a las reducidas dimensiones de la escala, en condiciones de caudales elevados, se observa que las truchas pueden acceder e incluso salir de la escala sin desplazarse a través de las artesas. En el Anexo II se incluyen un reportaje fotográfico donde se observan la escala y la zona del azud con distintos caudales del río Leitzaran.

Truchas detectadas en la escala y objeto de radioseguimiento: T_PLA_01, T_PLA_03, T_PLA_04, T_PLA_05

En el caso de la trucha **T_PLA_01** (Figura 29), es detectada a la entrada de la escala el día 21 de octubre, así como en la siguiente jornada, día 22 de octubre, en la que es detectada por vez primera en la antena de salida. El día 23 de octubre es detectada en ambas antenas por tercera jornada consecutiva, no supera la escala y desciende río abajo, tras lo cual es localizada el día 25 de octubre unos 400 m agua abajo del azud.

Entre los días 29 y 31 de octubre realiza un nuevo intento y vuelve a ser detectada en ambas antenas, tras lo cual desciende de nuevo río abajo. Con las crecidas de caudal de noviembre, remonta río arriba y es localizada mediante radioseguimiento entre los días 8 y 18 de noviembre bajo el azud de la C.H. Plazaola pero no es detectada en la escala. Es probable que intentara superar el azud por otra vía alternativa a la escala, durante las jornadas de campo se observaron truchas intentando remontar a través de la base del azud, de forma tendida en su base (Anexo II). Posteriormente, en periodo reproductor, se mueve en un tramo de 1 km aguas abajo del azud y no es detectada en la escala.

La trucha **T_PLA_03** (Figura 30) es detectada a la entrada de la escala en dos ocasiones, en los días 27 y 28 de octubre. Presenta únicamente una detección por jornada, por lo que se desconoce si ha podido acceder a la escala o si se trata de dos intentos fallidos para acceder a ella, ya que no es detectada en la antena de salida. Posteriormente es localizada de forma permanente aguas abajo del azud hasta última localización el día 17 de enero.

La trucha **T_PLA_04** (Figura 31) es detectada en la escala durante 3 jornadas consecutivas entre los días 23 y 25 de octubre. En la primera jornada del día 23 es detectada también en la antena de salida de la escala. No supera la escala y desciende río abajo, siendo localizada unos 400 m aguas abajo del azud mediante radioseguimiento. El día 22 de noviembre es localizada de nuevo por debajo del azud, pero no es detectada en la escala. No vuelve a ser localizada a partir del día 2 de diciembre y el día 19 de diciembre se recupera el emisor fuera del cauce, depredada probablemente por alguna garza, ya que se observaron heces de ave junto al emisor.

La trucha **T_PLA_05** (Figura 32) es detectada en la escala, en ambas antenas, en los días 21 y 22 de octubre. No supera la escala y desciende río abajo, siendo localizada unos 400 m aguas abajo el día 31 de octubre. Vuelve a remontar hasta el azud el día 5 de noviembre, y es localizada mediante radioseguimiento en esta zona hasta el día 17 de enero, periodo en el que no accede a la escala. Posteriormente, entre los días 18 y 30 de enero presenta detecciones a la entrada de la escala pero no a la salida.

Respecto a las restantes 2 truchas objeto de radioseguimiento (**T_PLA_02 y T_PLA_06)**, no son detectadas en la escala durante el estudio. La primera es localizada por debajo del azud hasta el día 18 de noviembre, tras lo cual desaparece y no vuelve a ser localizada en el ámbito de estudio. La trucha T_PLA_06 es localizada por debajo del azud durante todo el periodo de estudio, hasta que se recupera el emisor el día 17 de enero, que se encontraba bajo el agua. Es probable que ambas truchas hayan sido depredadas por aves ictiófagas (garzas y cormoranes), observadas en el tramo de estudio.

Truchas restantes detectadas en la escala (n=11):

Además de las truchas detectadas en la escala y que han sido objeto de radioseguimiento, otras 11 truchas son detectadas por el sistema de detección pasiva de la escala y ninguna logra superarla. De estas 11 truchas, 3 ejemplares no son detectados por la antena superior o de salida, únicamente a la entrada (T_PLA_21; T_PLA_28, T_PLA_30), mientras que la mayoría, 8 ejemplares, alcanza la antena superior (T_PLA_09; T_PLA_11; T_PLA_12; T_PLA_15; T_PLA_19; T_PLA_22; T_PLA_25; T_PLA_27).

Cabe destacar el elevado número de intentos que realizan algunas truchas, en base a la frecuencia de detecciones en la antena superior o de salida, tanto en una misma jornada como en varias jornadas, como es el caso de las truchas T_PLA_11, T_PLA_19 o T_PLA_22, entre otras.

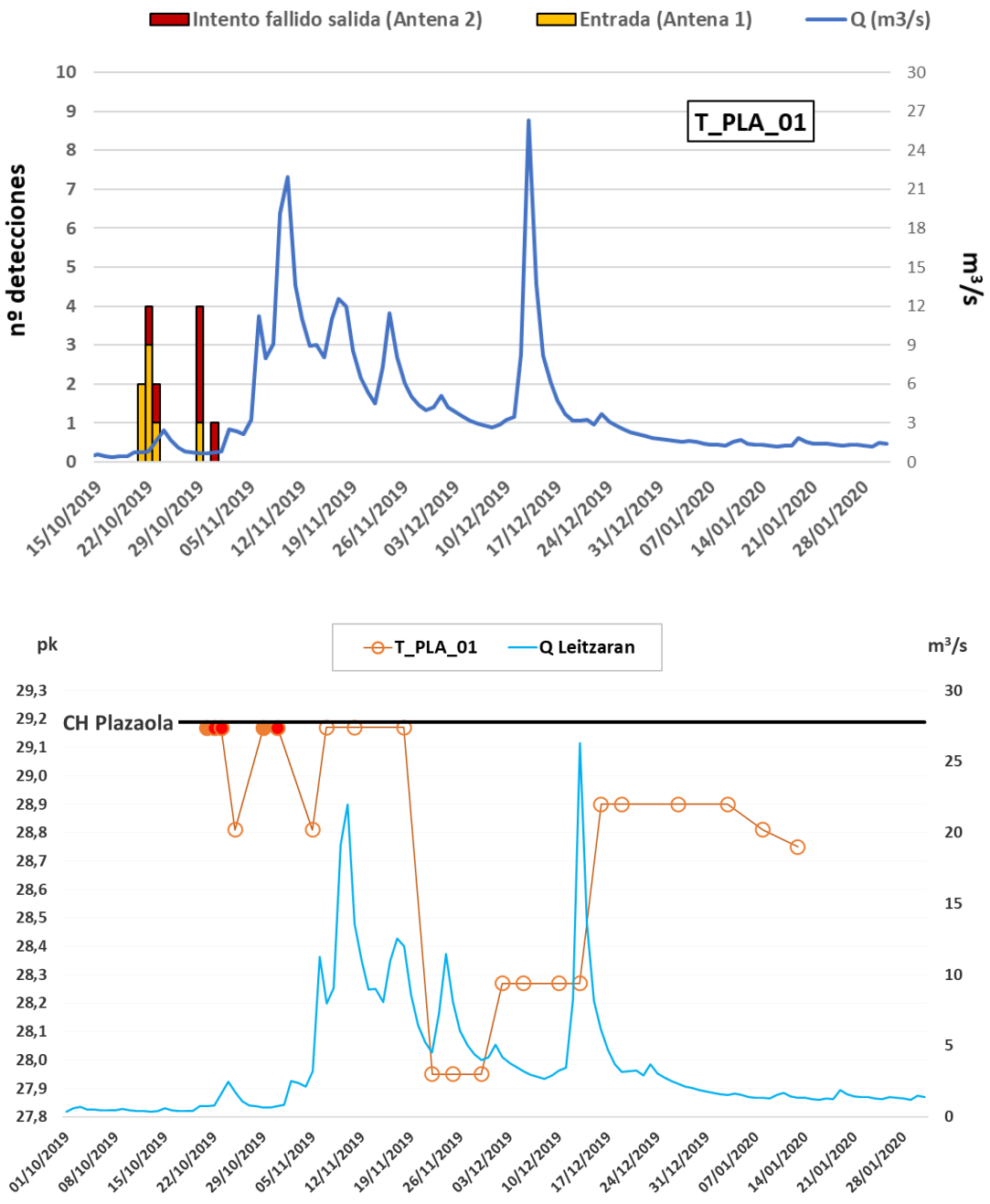


Figura 29. Comportamiento de la trucha T_PLA_01 en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Plazaola (imagen superior) y mediante radioseguimiento manual (imagen inferior), el que cada icono redondeado es una localización.

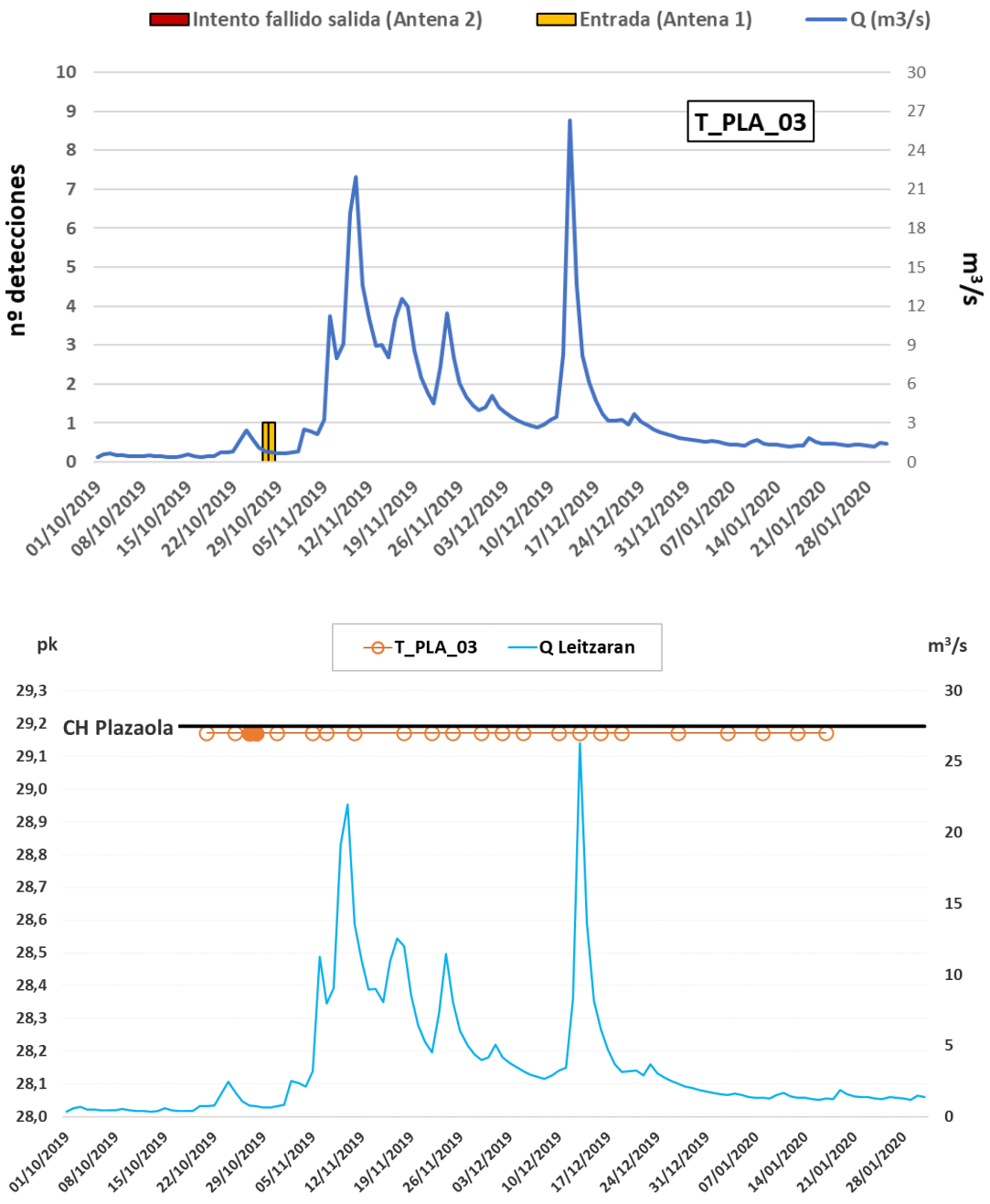


Figura 30. Comportamiento de la trucha T_PLA_03 en base a las detecciones registradas en la antena de entrada de la escala de la CH Plazaola (imagen superior) y mediante radioseguimiento manual (imagen inferior), el que cada icono redondeado es una localización.

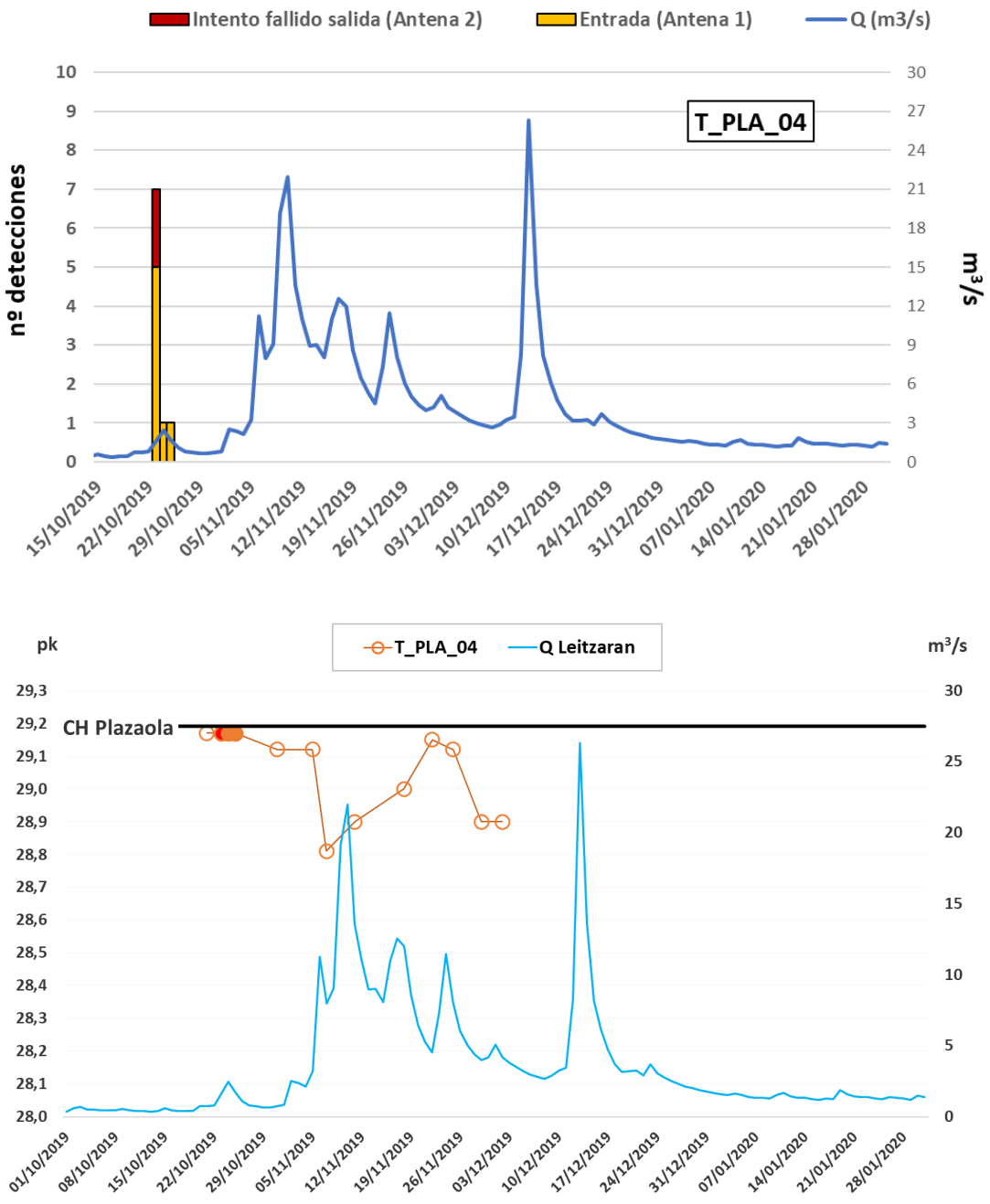


Figura 31. Comportamiento de la trucha T_PLA_04 en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Plazaola (imagen superior) y mediante radioseguimiento manual (imagen inferior), el que cada icono redondeado es una localización.

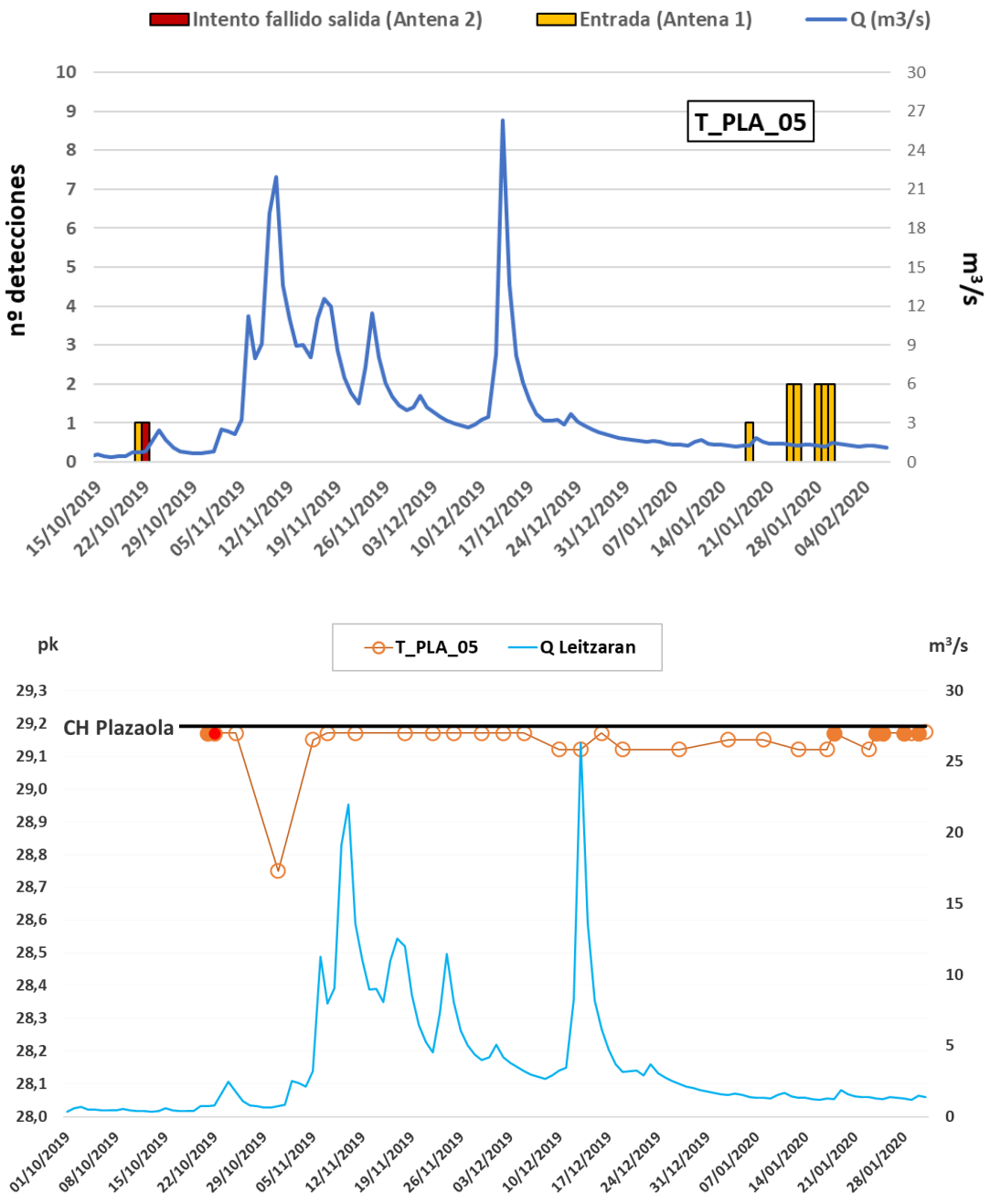
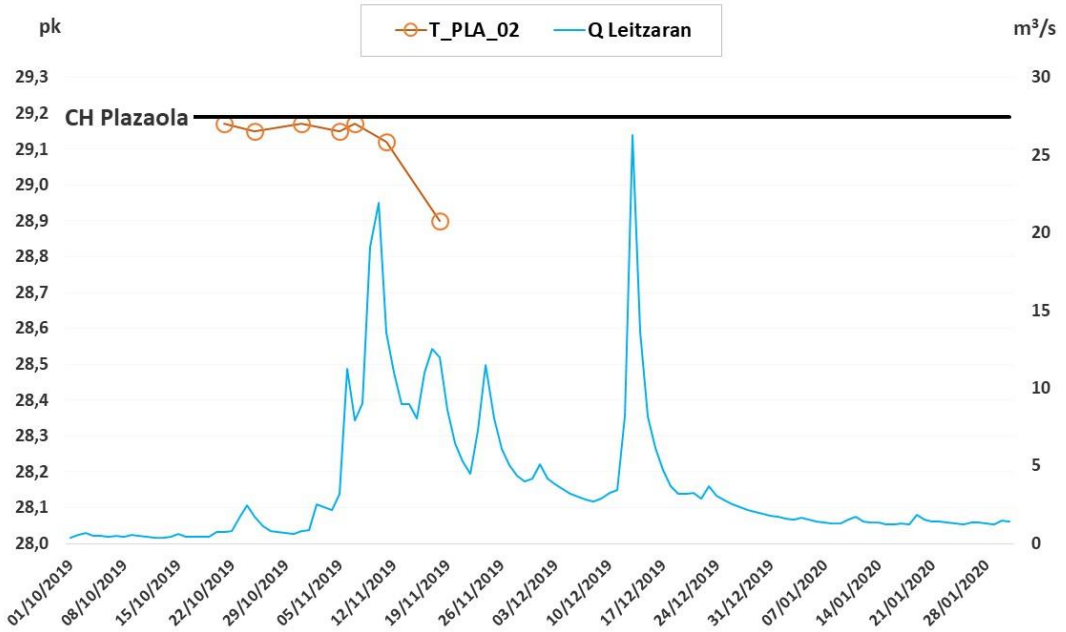


Figura 32. Comportamiento de la trucha T_PLA_05 en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Plazaola (imagen superior) y mediante radioseguimiento manual (imagen inferior), el que cada icono redondeado es una localización.



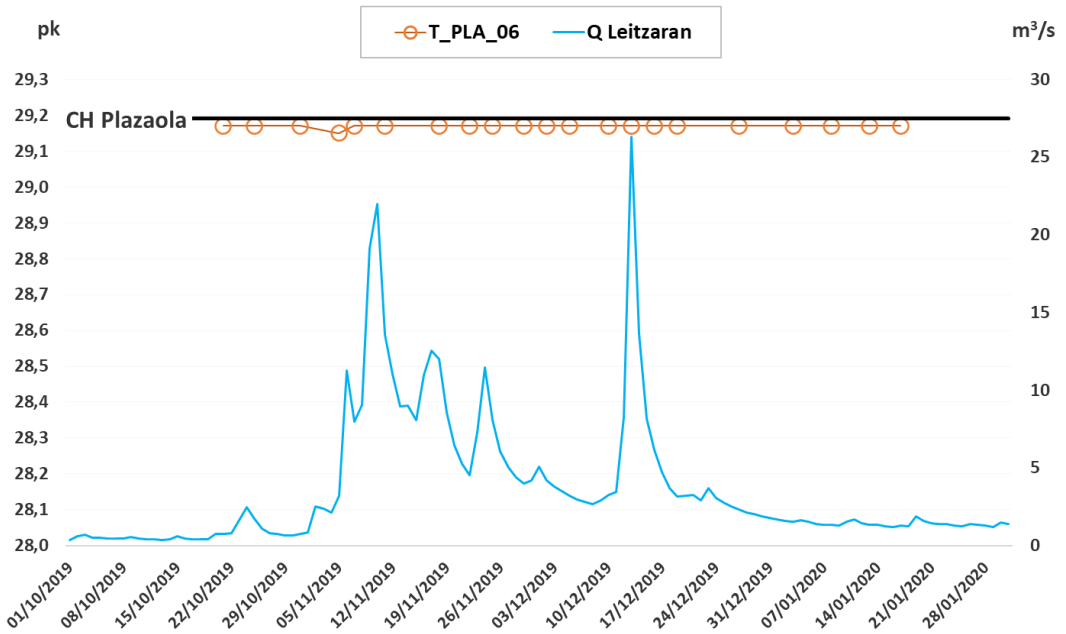


Figura 33. Comportamiento de las truchas T_PLA_02 y T_PLA_06 mediante radioseguimiento manual, el que cada icono redondeado es una localización. Estos ejemplares no fueron detectados en el interior de la escala.

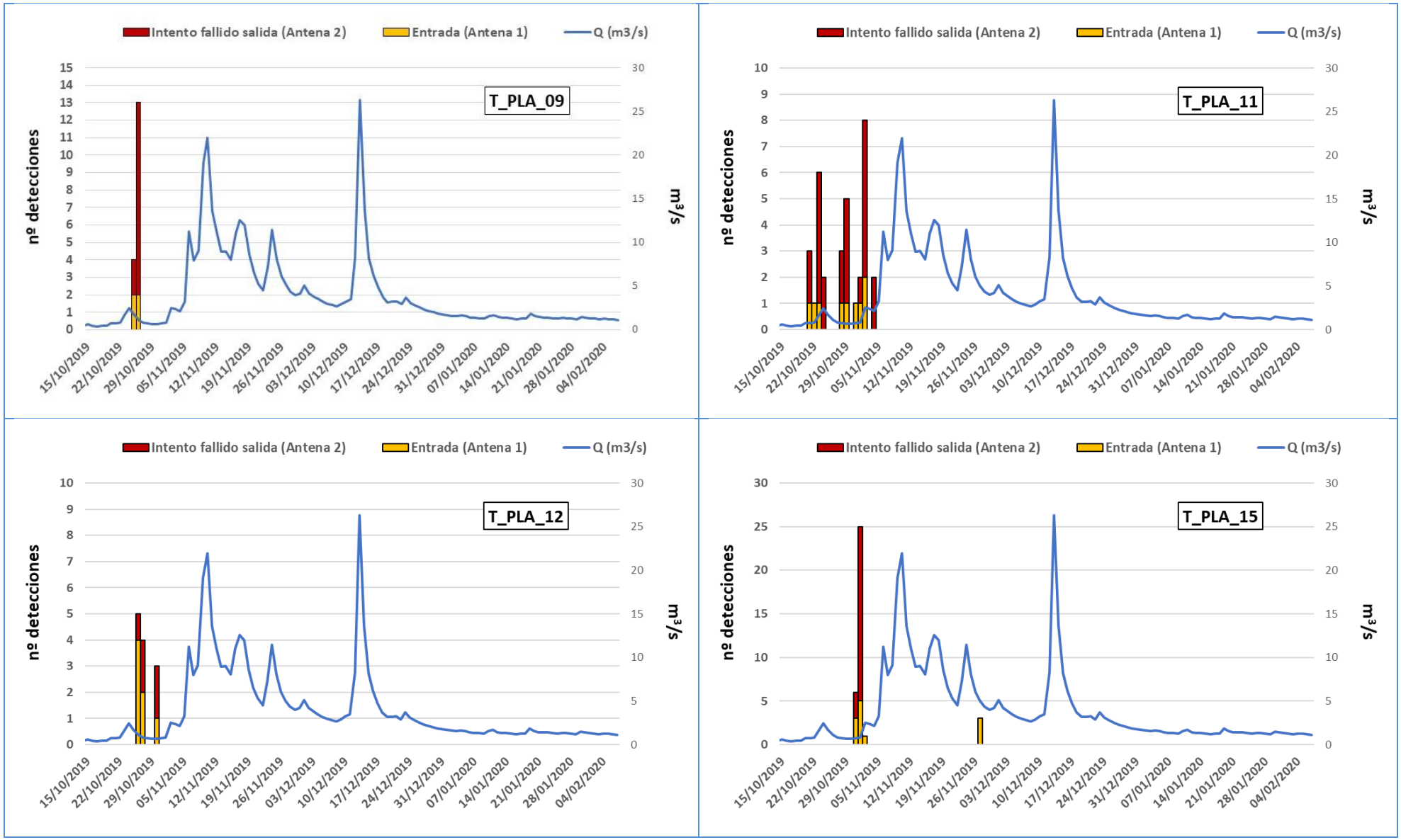


Figura 34. Comportamiento de las truchas que no logran superar la escala en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Plazaola.

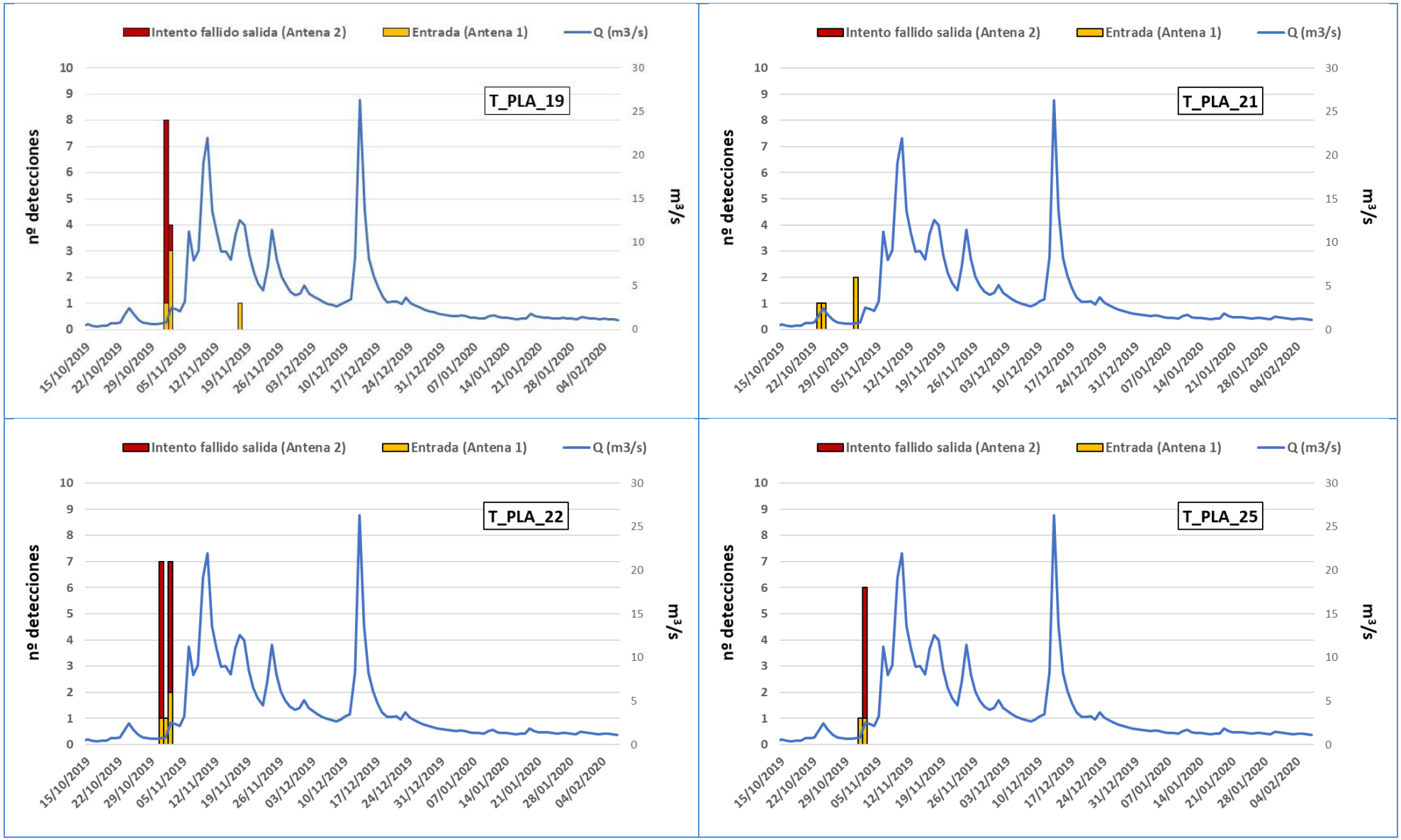


Figura 35. Comportamiento de las truchas que no logran superar la escala en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Plazaola.

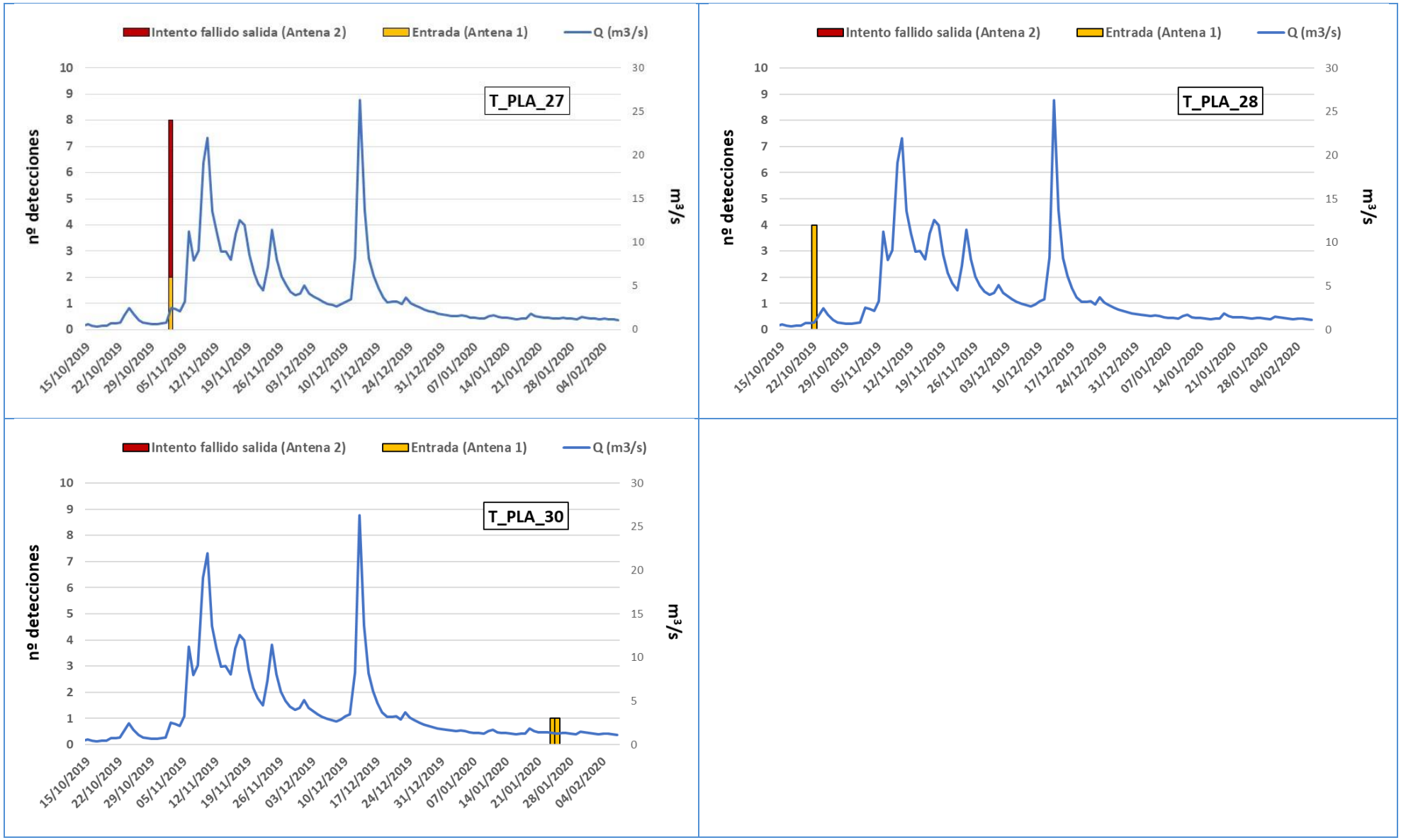


Figura 36. Comportamiento de las truchas que no logran superar la escala en base a las detecciones registradas en las antenas de entrada y salida de la escala de la CH Plazaola.

8.2.1. ESFUERZO – TIEMPOS DE PASO

El reducido tamaño de la escala, la posibilidad de acceder y salir de ella saltando sin desplazarse a través de las artesas con caudales elevados y debido a que algunos ejemplares permanecen dentro de la escala durante mucho tiempo, desde 10 o 17 horas, hasta más de una jornada en algún caso, no tiene mucho sentido estimar los tiempos de paso a través de la escala. Sin embargo, se cuenta con estimaciones del **tiempo de subida** para 11 truchas que alcanzan la antena superior de un total de 15 ejemplares detectados, correspondiente al tiempo transcurrido entre la última detección en la antena de entrada y la primera detección en la antena de salida o artesa superior. Estos datos no se consideran comparables a los obtenidos en los restantes estudios de permeabilidad realizados en el ámbito del LIF IREKIBAI por los motivos citados anteriormente.

El tiempo de subida para un total de 11 truchas varía entre un mínimo de 19 minutos y un máximo de 17 horas, con un valor medio de 3 horas. Estos registros son consecuencia de la imposibilidad de superar la escotadura o artesa superior, lo que provoca que algunas truchas permanezcan durante mucho tiempo en el interior de la escala. Por ejemplo, la trucha T_PLA_01 presenta en una misma jornada el tiempo de subida más rápido registrado (19 minutos) y el tiempo de subida más prolongado (17 horas), es decir, sube y baja hasta en 3 ocasiones dentro de la escala en una misma jornada.

Tabla 12. Tiempo de subida para un total de 11 truchas en la escala de la C.H. Plazaola.

Trucha	Fecha	Tiempo de subida (h:m:sg)
T_PLA_01	21/10/2019	1:58:16
	22/10/2019	17:46:00
T_PLA_04	22/10/2019	0:19:39
T_PLA_05	22/10/2019	17:00:00
T_PLA_09	23/10/2019	0:57:12
	23/10/2019	4:37:47
T_PLA_11	25/10/2019	1:20:30
	26/10/2019	0:23:19
	26/10/2019	0:27:17
	28/10/2019	0:32:12
	29/10/2019	4:25:36
	30/10/2019	0:26:53
T_PLA_12	31/10/2019	2:42:07
	31/10/2019	3:12:08
T_PLA_15	01/11/2019	0:28:56
	01/11/2019	1:56:05
	01/11/2019	0:36:12
T_PLA_19	02/11/2019	0:40:24
	02/11/2019	2:11:18
T_PLA_22	02/11/2019	2:35:43
	02/11/2019	0:37:50
T_PLA_25	02/11/2019	3:11:48
T_PLA_27	02/11/2019	1:04:40
	Promedio	**3:01:23**
	Máximo	17:46:00
	Mínimo	0:19:39

8.2.2. DISTRIBUCIÓN HORARIA DETECCIONES - MIGRACIÓN

A partir de las detecciones registradas en las 2 antenas de la escala de la C.H. Plazaola, se conoce el momento exacto y la franja horaria en la que se desplazan o migran las truchas (Tabla 13, Figura 37). Para ello se cuenta con un total de 191 detecciones de trucha en la escala.

La migración de remonte de las truchas acontece principalmente en la franja diurna. El 73% de las detecciones (n=140) se registran entre las 8 de la mañana y las 7 de la tarde, y la mayor parte de ellas, el 61% del total (n=117) se registran desde el mediodía hasta el atardecer, entre las 12:00 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), así como en los seguimientos realizados con trucha y salmón en el LIFE IREKIBAI, donde la actividad migratoria corresponde en gran medida a la franja diurna, y con mayor actividad al atardecer, entre las 12.00-18:00 horas.

Tabla 13. Distribución diaria de las detecciones de truchas marcadas en la escala de la C.H. Plazaola.

Actividad-detecciones	Nº	%
Franja diurna (8:00-19:00)	140	73
Franja nocturna (20:00-07:00):	51	27
Total	**191**	

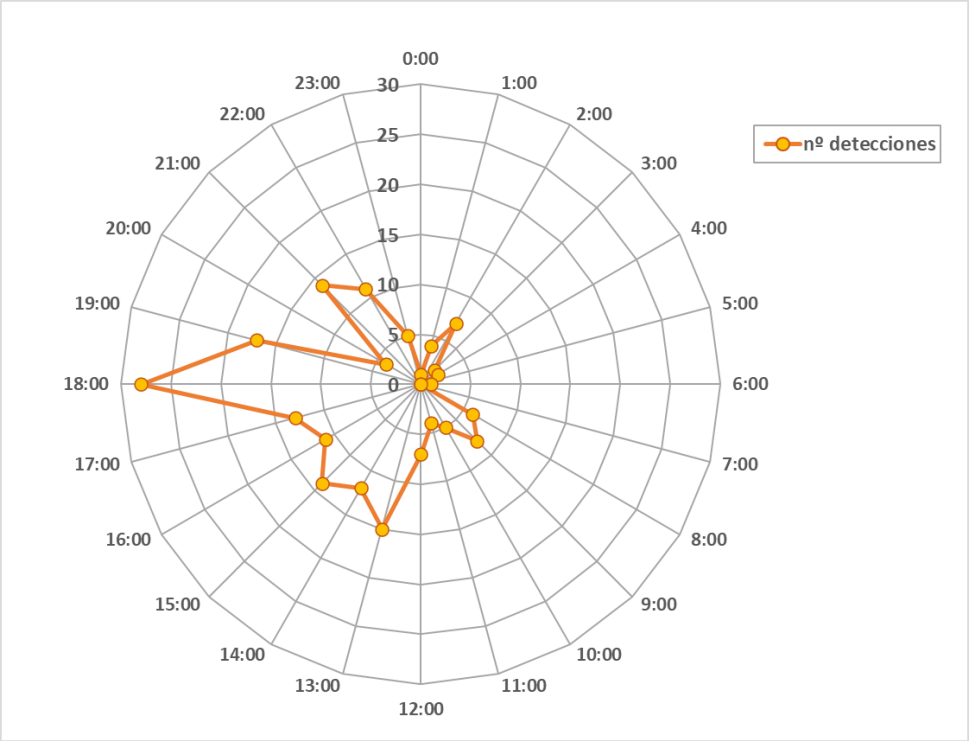


Figura 37. Distribución diaria de las detecciones de truchas marcadas en la escala de la C.H. Plazaola.

8.3. EFICACIA

8.3.1. EFICACIA DEL DISPOSITIVO DE PASO

De un total de 15 ejemplares que intentan remontar la escala o son detectados en su interior, ninguna la supera en su totalidad, por lo que la **eficacia de la escala o dispositivo de paso de la C.H. Plazaola es nula, del 0%**.

8.3.2. 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. Plazaola, de un total de 30 truchas marcadas y liberadas aguas abajo, son 15 los ejemplares que logran acceder a la escala, por lo que la **eficacia de la llamada es del 50%**.

8.3.3. EFICACIA TOTAL

De un total de 30 truchas marcadas para seguimiento, ninguna supera la escala, por lo que la **eficacia total es nula, del 0%**.

Tabla 14. Eficacia del dispositivo de paso, eficacia de la llamada y eficacia total.

EFICACIA	Nº Truchas
Intentos	15
Pasos	0
Eficacia del dispositivo:	**0%**
Marcadas	30
Detectadas en la escala	15
Eficacia de la llamada:	**50%**
Marcadas	30
Superan la escala	0
Eficacia total:	**0%**

8.1. CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS

Respecto a las características biométricas de las truchas marcadas y de la fracción que intenta superar el dispositivo de paso, no se observan diferencias significativas en la longitud media de las truchas marcadas y las que intentan superarlo (T-Student; p=0,598), con una longitud media de entre 276 mm y 286 mm para los 2 grupos. Tampoco se observan diferencias significativas en la condición media de los ambos grupos (T-Student; p=0,475).

Tabla 15. Longitud y coeficiente de condición de las truchas marcadas y las que intentan superar la escala

Grupo	Nº Truchas	Longitud (mm)		Condición (K)	
		Media ±	Rango	Media ±	Rango
Marcadas	30	**276**±52	220-432	**1,131**±0,11	0,746-1,308
Intentan	15	**286**±62	225-432	**1,154**±0,09	0,976-1,302

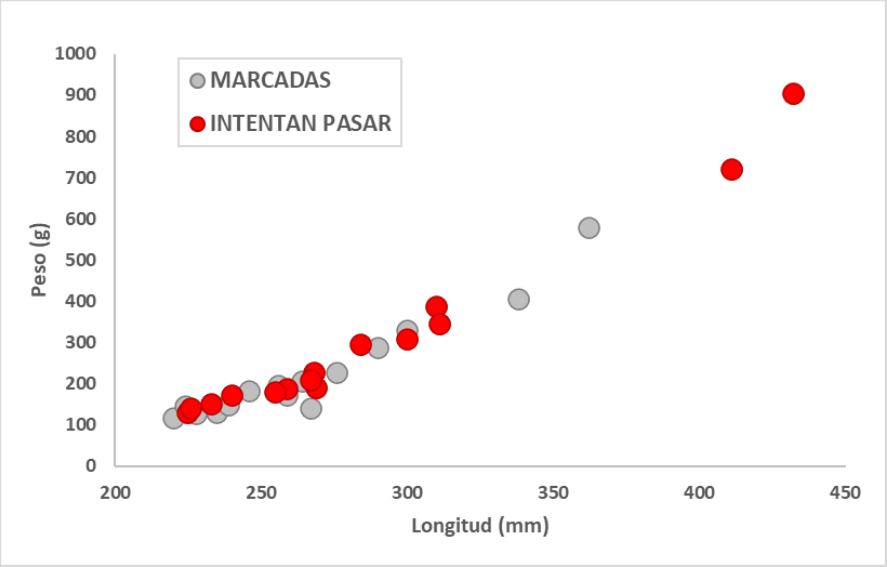


Figura 38. Relación talla-peso de las truchas marcadas (puntos grises) y la fracción que intenta superar la escala (puntos rojos).

8.2. RADIOSEGUIMIENTO Y DESPLAZAMIENTOS

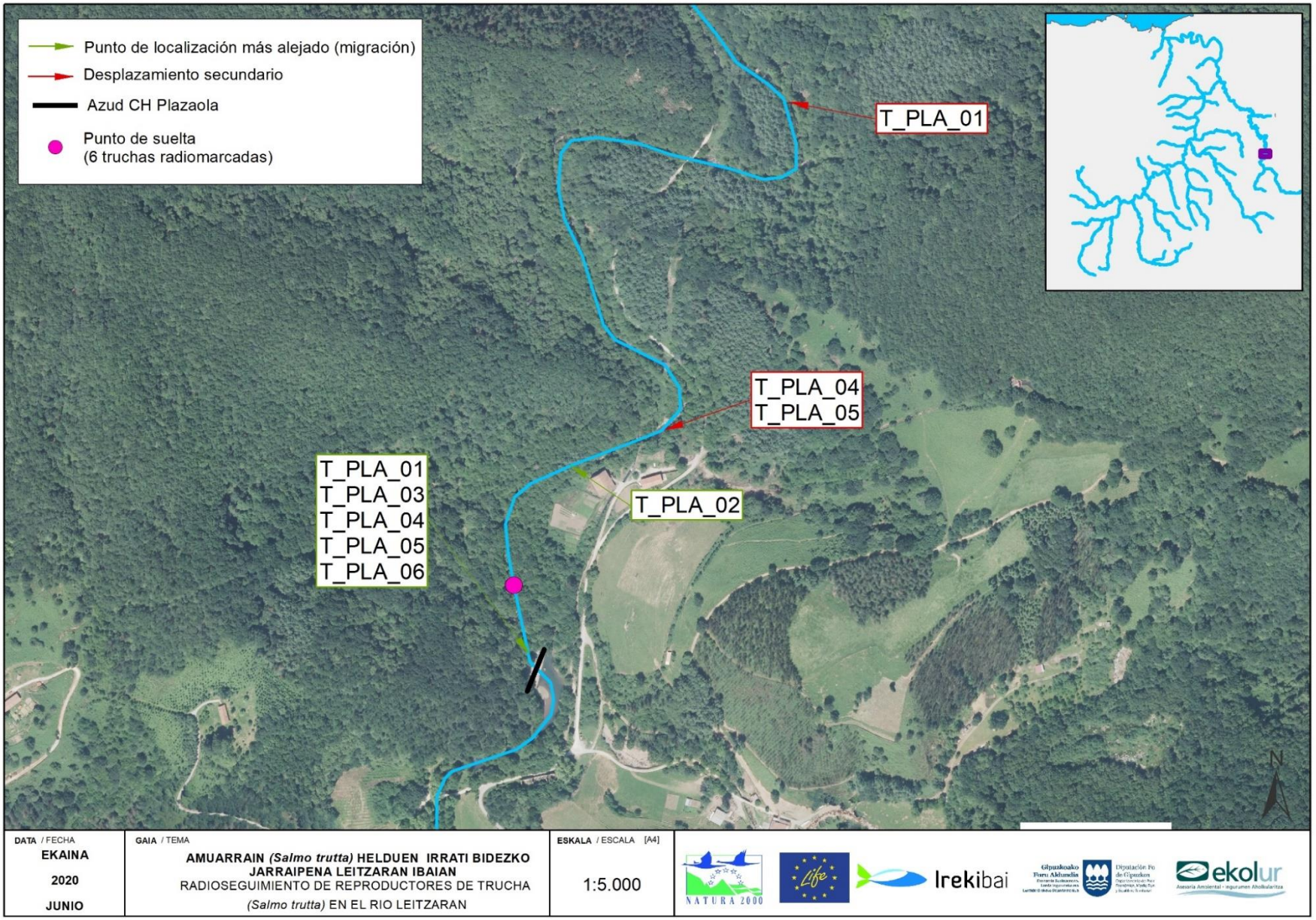
El radioseguimiento manual realizado permite localizar las truchas marcadas fuera del ámbito o alcance del sistema de detección pasiva, que se ciñe en exclusiva a la escala de peces. De esta forma, se ha identificado el comportamiento, desplazamientos realizados por 6 truchas radiomarcadas y otras incidencias durante el periodo de estudio, lo cual permite validar el funcionamiento del sistema de detección pasiva y ayuda a interpretar de manera más precisa la información recopilada durante el periodo de estudio.

En el apartado *8.2.1.1. Intentos de paso–comportamiento individual*, se incluyen de forma gráfica los desplazamientos realizados por las 6 truchas radiomarcadas, información que se contrasta con las detecciones en el interior de la escala. Cuatro de estos ejemplares son detectados en la escala (T_PLA_01; T_PLA_03; T_PLA_04; T_PLA_05), aunque como el resto de las truchas, no logran superarla.

Las restantes 2 truchas objeto de radioseguimiento (T_PLA_02 y T_PLA_06**)**, no son detectadas en la escala durante el estudio. La primera es localizada por debajo del azud hasta el día 18 de noviembre, tras lo cual desaparece y no vuelve a ser localizada en el ámbito de estudio. La trucha T_PLA_06 es localizada por debajo del azud durante todo el periodo de estudio, hasta que se recupera el emisor el día 17 de enero, que se encontraba bajo el agua. Es probable que ambas truchas hayan sido depredadas por aves ictiófagas (garzas y cormoranes), observadas en el tramo de estudio.

Las 6 truchas radiomarcadas han realizado en general desplazamientos de reducida magnitud, ya que no han podido superar la escala y desplazarse río arriba, por lo que los desplazamientos de mayor magnitud han sido en sentido descendente, río abajo. De esta forma, la trucha T_PLA_01 desciende 1,2 km en el río Leitzaran, aunque luego vuelve a acercarse al azud, mientras que los ejemplares T_PLA_04 y T_PLA_05 descienden unos 400 m. El emisor del ejemplar T_PLA_04 se recuperó fuera del cauce el día 19 de diciembre, depredada probablemente por alguna garza, ya que se observaron heces de ave junto al emisor.

A continuación, se incluye una figura que resume los desplazamientos detectados mediante radioseguimiento manual durante el periodo de estudio.


Punto de localización más alejado (migración)
Desplazamiento secundario
Azud CH Plazaola
Punto de suelta
(6 truchas radiomarcadas)
T_PLA_01
T_PLA_04
T_PLA_05
T_PLA_01
T_PLA_03
T_PLA_04
T_PLA_05
T_PLA_06
T_PLA_02
N
DATA / FECHA
EKAINA
2020
JUNIO
GAIA / TEMA
AMUARRAIN (Salmo trutta) HELDUEN IRRATI BIDEZKO JARRAIPENA LEITZARAN IBAIAN
RADIOSEGUIMIENTO DE REPRODUCTORES DE TRUCHA
(Salmo trutta) EN EL RIO LEITZARAN
ESKALA / ESCALA [A4]
1:5.000
NATURA 2000
Life
Irekibai
Gipuzkoako Foru Aldundia
Diputación Foral de Gipuzkoa
ekolur
Asesoría Ambiental · Ingurumen Aholkularitza

9. DISCUSION Y CONCLUSIONES

El seguimiento realizado para evaluar la eficacia de los dispositivos de paso o escalas de la C.H. Ameraun y C.H. Plazaola se realiza se realiza entre los meses de octubre de 2019 y enero de 2020, 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. Otras especies que conforman la comunidad son el salmón (*Salmo salar*), la anguila (*Anguilla anguilla*), la locha (*Barbatula quignardi*) y el ezkailu (*Phoxinus phoxinus*).

El seguimiento de la funcionalidad de los pasos se realiza mediante la combinación de dos técnicas de telemetría (radioseguimiento y detección pasiva). El uso de estas dos técnicas optimiza la calidad de la información recopilada, ya que, mediante la aplicación de una única técnica, se pierde o no se recopila información relevante para la evaluación del funcionamiento del dispositivo de paso. Se ha generado abundante información a partir de este seguimiento, a partir del cual se obtienen las siguientes conclusiones:

9.1. ESCALA C.H. AMERAUN

La **funcionalidad o eficacia de la escala es deficiente**, tanto por su diseño y dimensiones como por la regulación a la que se encuentra sometida en la artesa superior. La llamada que ejerce la escala parece adecuada, con una **eficacia de llamada** estimada del **73%**. En cambio, la funcionalidad o **eficacia del dispositivo** o escala es deficiente, con un valor estimado del **41%**, lo que supone que la **eficacia total** sea también deficiente, con un valor estimado del **30%**.

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. En el caso de la C.H. Ameraun, la llamada de la escala es correcta pero la eficacia del paso es baja, lo que resulta en una eficacia total también baja.

En lo que respecta al funcionamiento de la escala, los resultados indican que una parte importante de las truchas que se introducen en la escala (10 de 13 truchas), no son detectadas en la artesa superior o de salida, mientras que las truchas que superan la escala y algunas que no la superan y llegan a ser detectadas en esta artesa superior, presenta un número muy elevado de detecciones, tanto en una misma jornada o a lo largo de distintas jornadas. Estos resultados son consecuencia del elevado salto existente en la escotadura de la artesa superior, de hasta 70 cm en caudales bajos, lo que provoca que las truchas realicen un notable esfuerzo y desgaste para intentar superarlo. Por otra parte, es probable que las truchas que se introducen en

la escala y no son detectadas en la antena situada en la artesa superior, hayan llegado a esta última artesa pero que no consigan saltar lo suficiente como para ser detectadas en la antena, la cual se sitúa a la salida o escotadura.

En lo que respecta a caudales, 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 Q11 y Q8 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 a la altura de Ameraun de entre 0,470 m^3/s y 6,592 m^3/s, si se tiene en cuenta que el caudal medio diario anual en este punto del río es de 2,637 m^3/s.

Los intentos fallidos en la escala abarcan un amplio rango de caudales entre 0,68-12,4 m^3/s (Q95-Q7), mientras que 8 de los 9 pasos con éxito realizados por las truchas corresponden a caudales situados por debajo de 1,9 m^3/s, en un rango de entre Q69 y Q40, es decir, no se registran pasos con caudales superiores, de entre Q35-Q9 (2,1-3,5 m^3/s), ni tampoco con caudales muy bajos de entre Q80-Q90 (<0,627 m^3/s). Pueden por tanto existir **problemas para superar la escala con caudales elevados**, se ha visto que el tiempo de subida por la escala aumenta al aumentar los caudales y, por otro lado, los **problemas para superar la escala con caudales bajos** pueden tener relación con un desnivel máximo de salto en la última artesa.

Asimismo, los tiempos de subida registrados por la escala son muy elevados, las truchas permanecen en la escala durante mucho tiempo, incluso varias jornadas en algún caso. El tiempo medio de subida está en relación con el grado de dificultad existente para superar 13 artesas y alcanzar la última, es decir, para atravesar toda la escala excepto el último salto, donde se sitúa la antena de salida. Los tiempos de subida y tiempos de paso estimados para esta escala son significativamente superiores a los registrados en otras escalas estudiadas en el presente proyecto IREKIBAI (CH Abaloz, CH Bazkardo, CH Bertxin y CH Iberdrola).

Si se observa el régimen hidrológico durante el periodo de estudio, el caudal del río Leitzaran ha estado por encima de los 3 m^3/s, equivalente a un caudal clasificado Q24, durante 33 días consecutivos, del 5 de noviembre al 7 de diciembre y excepto el día 8 de diciembre, que registra un caudal medio de 2,8 m^3/s, esta situación se prolonga hasta el día 25 de diciembre, un total de 51 días. Por tanto, la dificultad de paso observada con caudales elevados en la escala se ve agravada por el régimen hidrológico del periodo de migración en el año 2019. Si se observan los pasos y los intentos fallidos registrados en la escala, la mayoría se realizan en el mes de octubre, lo que corresponde a un periodo migración un tanto temprano en comparación con los registrados en similares estudios realizados en el ámbito de IREKIBAI, BIDUR y otros trabajos de seguimiento realizados en ríos de Gipuzkoa, lo cual puede tener relación probablemente con la escasa funcionalidad de la escala durante los elevados caudales de noviembre y diciembre.

Además de la información recopilada mediante el sistema de detección pasiva de la escala, el radioseguimiento de 6 de las 30 truchas marcadas aporta información indispensable para la evaluación de la funcionalidad de la escasa, ya que confirma el retorno al cauce de truchas que se introducen en la escala sin éxito, el paso con éxito de algunos ejemplares aguas arriba y migración posterior, número de intentos realizados, predación por parte de aves ictiófagas, etc. Estas truchas radiomarcadas han realizado en general desplazamientos de reducida magnitud, tanto río arriba una vez superada la escala, como río abajo, principalmente por no poder superar la escala. Los desplazamientos río arriba abarcan un tramo de 1 km de longitud y de unos 500 m aguas abajo, entre las que destaca el desplazamiento de una trucha río abajo y posterior incursión en la regata Lordiz en periodo reproductor. Asimismo, mediante radioseguimiento se observa que las truchas superan la estación de aforo de Ameraun, situada aguas abajo del azud de la C.H. Ameraun con relativa facilidad.

9.2. ESCALA C.H. PLAZAOLA

La **funcionalidad o eficacia de la escala es nula**, tanto por su diseño y dimensiones como por la regulación a la que se encuentra sometida en la artesa superior, **ninguna de las 30 truchas marcadas logra superarla**. La llamada que ejerce la escala es baja, con una **eficacia de llamada** estimada del 50**%**. La llamada es adecuada en caudales bajos, en cambio, debido a la configuración del azud y de la escala, cuando el caudal rebosa por encima del azud la llamada de la escala pierde efectividad y queda enmascarada por este flujo de caudal que se reparte por toda la superficie o paramento inclinado del azud.

En lo que respecta al funcionamiento de la escala, los resultados indican que la mayor parte de las truchas que acceden a la escala alcanzan la artesa superior o de salida, donde son detectadas en la antena situada inmediatamente detrás de la compuerta. Sin embargo, debido a la configuración de la compuerta el espacio existente para el paso de los peces en la base de la escotadura es muy reducido y el caudal que sale a través de ella lo hace a una elevada presión y velocidad, por lo que el paso es prácticamente imposible, tal y como se ha podido comprobar también mediante radioseguimiento.

La imposibilidad de superar la escala, a pesar de su reducido tamaño, provoca que algunas truchas permanezcan durante mucho tiempo en el interior de la escala, suben y bajen en numerosas ocasiones y se acumulen en la artesa superior, intentado pasar sin éxito a través de la escotadura, en cuya antena el número de registros es muy elevado.

En relación con el periodo de migración, en base a la distribución del número de detecciones en la escala, se observa que del mismo modo que en la escala de la C.H. Ameraun, las fechas de migración registradas son un tanto tempranas, las cuales parecen ser consecuencia del primer aumento de caudal registrado en octubre y de una menor accesibilidad a la escala durante los elevados caudales de noviembre y diciembre. Con

caudales elevados, la escala queda inundad y la llamada de la escala queda difuminada por el caudal que rebosa por el azud.

En este caso también, además de la información recopilada mediante el sistema de detección pasiva de la escala, el radioseguimiento de 6 de las 30 truchas marcadas aporta información indispensable para la evaluación de la funcionalidad de la escasa, ya que confirma el retorno al cauce de truchas que se introducen en la escala sin éxito, desplazamientos realizados río abajo y nuevos intentos de migración ascendente, número de intentos realizados, predación por parte de aves ictiófagas, etc. Las 6 truchas radiomarcadas han realizado en general desplazamientos de reducida magnitud, ya que no han podido superar la escala y desplazarse río arriba, por lo que los desplazamientos de mayor magnitud han sido en sentido descendente, río abajo.

9.3. SÍNTESIS Y PROPUESTAS DE ACTUACIÓN – ACCIÓN D10 IREKIBAI

En el proyecto LIFE IREKIBAI se ha realizado la evaluación de la eficacia de un total de 5 dispositivos de paso en el río Leitzaran durante el periodo 2016-2019, dentro de la acción "*D10-Seguimiento de pasos para peces".* Los dispositivos de paso objeto de evaluación son del tipo escalas de artesas sucesivas para 4 de los obstáculos, mientras que se ha evaluado la funcionalidad de una esclusa (Tabla 16).

Tabla 16. Eficacia/funcionalidad de los dispositivos de paso objeto de evaluación en el río Leitzaran para trucha. Acción D10 Irekibai.

Obstáculo	Tipo	Eficacia/funcionalidad		
		Eficacia de la llamada	Eficacia del dispositivo	Eficacia total
C.H.Olaberri	Esclusa	40% (71%*)	53% (33%*)	**21% (33%*)**
C.H. Bertxin	Escala artesas	72%	89%	**64%**
C.H. Leitzaran (Iberdrola)	Escala artesas	18%	57%	**10%**
C.H. Ameraun	Escala artesas	73%	41%	**30%**
C.H. Plazaola	Escala artesas	50%	0%	**0%**

**Eficacia para salmón*

En esta tabla se incluyen las eficacias estimadas en cada caso, sin embargo, estos resultados deben ser interpretados caso por caso. A continuación, se incluye la valoración y propuesta de actuación correspondiente a cada dispositivo de paso:

9.3.1. C.H. OLABERRI

La esclusa es un dispositivo experimental, la evaluación realizada corresponde a su puesta en marcha y los resultados obtenidos sirven para proponer nuevas medidas de actuación. La funcionalidad de la esclusa se ha visto afectada por la salida de caudal turbinado de la central de Olaberri, la cual ejerce una fuerte llamada, superior al de la esclusa. Se estima que la eficacia de llamada de la central es del 94% frente al 71% estimado para la esclusa.

Los primeros resultados ofrecen valores de eficacia de la esclusa es del 33% y 53% para salmones y truchas respectivamente. Los resultados obtenidos se asemejan en los descritos en bibliografía, siendo uno de los principales inconvenientes el funcionamiento discontinuo de las esclusas, una eficacia modesta y la dificultad para estimular el ascenso de los peces una vez se cierra la esclusa (fase de ascenso).

Propuestas de actuación:

Se han propuesto y aplicado las siguientes medidas correctoras:

- ✓ Instalación de una barrera eléctrica a la salida de caudal turbinado de la C.H. Olaberri para evitar la entrada de truchas y salmones y mejorar al mismo tiempo el efecto de llamada de la esclusa.
- ✓ Aumentar el tiro o corriente de agua de la esclusa en fase o ciclo de ascenso (compuerta de acceso a la esclusa cerrada).
- ✓ Mejorar la luz o iluminación en el interior del túnel de la esclusa y en la parte superior, incluso programando su encendido y apagado alterno para estimular o dirigir el desplazamiento ascendente de los peces en fase o ciclo de ascenso.

Una vez realizadas estas actuaciones de mejora, se propone realizar un nuevo estudio de evaluación de la funcionalidad de la esclusa.

9.3.2. C.H. BERTXIN

A priori, los resultados obtenidos son aceptables, la eficacia de la llamada es del 72% y el de la escala es del 89%. Sin embargo, las truchas superan o intentan superar la escala en un periodo con caudales muy bajos, se desconoce, por tanto, el funcionamiento o eficacia de la escala con caudales superiores, un aspecto pendiente de evaluar si se tiene en cuenta el notable tamaño y desnivel de esta escala.

Propuestas de actuación:

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 con un periodo de seguimiento más prolongado, mayor variedad en las condiciones hidrológicas y combinando la detección pasiva en la escala con radioseguimiento.

9.3.1. C.H. LEITZARAN (IBERDROLA)

Los resultados obtenidos no permiten realizar una valoración precisa de la funcionalidad del paso, debido principalmente a que, en este caso, el método de evaluación se ha basado únicamente en la utilización del sistema de detección pasiva instalado en la escala y no se ha realizado radioseguimiento de reproductores de trucha. En consecuencia, se desconoce el motivo exacto por el cual la mayor parte de las truchas no han interactuado con la escala y se recopila un bajo volumen de información mediante el equipo de detección instalado.

Sin embargo, los resultados obtenidos muestran indicios de un posible funcionamiento incorrecto de la escala, independientemente de que las truchas hayan podido utilizar o no una vía alternativa de paso.

Propuestas de actuación:

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 con un periodo de seguimiento más prolongado, mayor variedad en las condiciones hidrológicas y combinando la detección pasiva en la escala con radioseguimiento.

9.3.1. C.H. AMERAUN Y C.H. PLAZAOLA

La funcionalidad o eficacia de las escalas de ambos obstáculos es deficiente, tanto por su diseño y dimensiones como por la regulación a la que se encuentran sometidas en la artesa superior.

En el caso de la **C.H. Ameraun**, la llamada que ejerce la escala parece adecuada, en cambio, la funcionalidad o eficacia del dispositivo o escala es deficiente, con un valor estimado del 41%, lo que supone que la eficacia total sea también deficiente, con un valor estimado del 30%. Se observan limitaciones para superar la escala con caudales elevados y con caudales bajos, lo cual puede tener relación con un desnivel máximo de salto en la última artesa y el dimensionamiento de las artesas.

En el caso de la **C.H. Plazaola**, la llamada de la escala es insuficiente y la escala no puede ser atravesada.

Propuestas de actuación:

Se debería por una parte actuar sobre la regulación existente para el funcionamiento de ambas escalas, en principio eliminando dichas estructuras de regulación de forma parcial o completa. Por otra parte, se debería evaluar su diseño, dimensionamiento y principales características constructivas (desnivel, pendiente, número

de artesas, potencia disipada, etc.) y realizar actuaciones, bien de mejora y adaptación de las condiciones actuales o de renovación completa de ambos dispositivos.

9.3.1. OBSTACULOS CORREDOR ORIA-LEITZARAN – ACCIÓN D9 IREKIBAI

En el proyecto LIFE IREKIBAI se ha realizado el "*Estudio de permeabilidad del corredor Oria-Leitzaran*" (Acción D9) durante 3 años consecutivos (2016, 2017 y 2018), consistente en el seguimiento mediante telemetría de salmones y truchas en río el Oria y parte baja del Leitzaran, en relación con los obstáculos presentes en este tramo:

- Azud de Brunet, río Oria; Tipo de paso: diques
- C.H. Abaloz, río Oria; Tipo de paso: escala de artesas
- C.H. Bazkardo, río Oria; Tipo de paso: escala de artesas
- Azudes de Inquitex y Garaikoerrota; Tipo de paso. Canal lateral

Las estimaciones del grado de franqueabilidad o eficacia de los dispositivos de paso presentes en los azudes de corredor Oria-Leitzaran durante los 3 años de seguimiento, muestran que el azud de Brunet en el Oria es el de mayor eficacia, así como el que menor retraso en la migración provoca. Para los pasos de los azudes de la C.H. Abaloz y C.H. Bazkardo la eficacia estimada es inferior y el retraso que provocan en la migración de remonte de los salmones es superior, lo cual se debe a una menor eficacia de la llamada de los pasos. Sin embargo, el funcionamiento de las escalas parece adecuado, los tiempos de paso estimados, tanto totales como relativos a desnivel, concuerdan con valores reportados en bibliografía.

En lo que respecta al río Leitzaran, el canal lateral de Garaikoerrota, localizado cerca de la desembocadura, parece funcionar correctamente, mientras que el resto de los pasos del río Leitzaran se incluyen en el anterior apartado.

Aguas arriba de la confluencia con el río Leitzaran, el azud de Irura, cuyo dispositivo de paso existente no parece ser funcional, puede considerarse como el límite accesible en el río Oria.

Propuestas de actuación:

En principio, en orden de prioridad, se debería actuar sobre el azud de Irura, mediante la ejecución de un dispositivo de paso funcional. El resto de los dispositivos de paso tienen un funcionamiento correcto, aunque en el caso de la C.H. Bazkardo y C.H. Abaloz, sería conveniente analizar las posibilidades existentes para mejorar su eficacia de llamada.

Finalmente, si se tiene en cuenta que en el río Leitzaran además de los 5 obstáculos objeto de seguimiento o evaluación en la Acción 10, se localizan otros 4 principales obstáculos (Tabla 1; Figura 1), además de los situados en el río Oria (Acción D9), 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).

En la práctica es muy difícil, o casi imposible alcanzar dichos objetivos de eficacia, el efecto acumulativo de los obstáculos multiplica el impacto individual de los obstáculos presentes, tanto los relativos a su permeabilidad como en relación con afecciones descritas de forma profusa en bibliografía, las relacionadas con el hábitat fluvial y las relacionadas con la fauna acuática y semiacuática. La demolición o eliminación completa de obstáculos es la única solución que garantiza la permeabilidad fluvial y restaura en su totalidad las condiciones naturales del río, tal y como se ha demostrado en el ámbito del LIFE IREKIBAI.

10. 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).

- Ekolur SLL, Diputación Foral de Gipuzkoa, 2016. *Seguimiento de la población de salmón atlántico y estudio de permeabilidad del corredor Oria-Leitzaran (cuenca del Oria).* LIFE IREKIBAI (N10/16-SE/N). Diputación Foral de Gipuzkoa, Dpto. de Promoción Económica, Medio Rural y Equilibrio Territorial.

- Ekolur SLL, Diputación Foral de Gipuzkoa, 2016. *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). Diputación Foral de Gipuzkoa, Dpto. de Promoción Económica, Medio Rural y Equilibrio Territorial.

- Ekolur SLL, Diputación Foral de Gipuzkoa, 2017. *Seguimiento de la población de salmón atlántico y estudio de permeabilidad del corredor Oria-Leitzaran (cuenca del Oria).* LIFE IREKIBAI (N10/16-SE/N). Diputación Foral de Gipuzkoa, Dpto. de Promoción Económica, Medio Rural y Equilibrio Territorial.

- Ekolur SLL, Diputación Foral de Gipuzkoa, 2018. *Seguimiento de la población de salmón atlántico y estudio de permeabilidad del corredor Oria-Leitzaran (cuenca del Oria).* LIFE IREKIBAI (N10/16-SE/N). Diputación Foral de Gipuzkoa, Dpto. de Promoción Económica, Medio Rural y Equilibrio Territorial.

- Ekolur SLL, Diputación Foral de Gipuzkoa, 2018. *Estudio de eficacia de los dispositivos de paso para peces de la C.H. Olaberri y C.H. Iberdrola en el río Leitzaran (cuenca del Oria).* LIFE IREKIBAI (N10/16-SE/N). Diputación Foral de Gipuzkoa, Dpto. de Promoción Económica, Medio Rural y Equilibrio Territorial.

- Gosset C., Rives J., Labonne J. 2006. Anesthésie et procedures 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.

- Ovidio M, Philippart JC (2002) The impact of small physical obstacles on upstream movement of six species of fish. Hydrobiologia 483:55–69Lucas, 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., 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. Ameraun, sistema de detección

Figura 1. Azud de la C.H. Ameraun y dispositivo de paso para peces (escala de artesas sucesivas) en margen derecha. Llamada clara con caudales bajos (izquierda) y encubierta por caudales elevados que rebosan por el azud (derecha). Se observan las primeras 4 artesa de la escala desde abajo (derecha).

Figura 2. Artesas 2 a 6 desde abajo.

Figura 3. Artesas 3 a 5 desde abajo. El caudal pasa únicamente por el orificio de fondo de la artesa 4 a la 3 y el salto es superior a 30 cm entre la 4 y la 5. Fecha 17/10/2019; Q: 0,442 m^3/s¸ Q92.

Figura 4. Artesas 6 a 10 desde abajo.

Figura 5. Artesas 9 a 11 desde abajo. El caudal pasa únicamente por el orificio de fondo de la artesa 10 a la 9. Fecha 17/10/2019, Q: 0,442 m^3/s; Q92.

Figura 6. Salto muy superior a 30 cm entre la artesa 11 y 12. Fecha 17/10/2019, Q: 0,442 m^3/s, Q92.

Figura 7. Artesas 11 a 14 desde abajo. Fecha 17/10/2019, Q: 0,442 m^3/s¸ Q92.

Figura 8. Artesa superior o de salida durante el proceso de instalación de las antenas de detección. Se observan los tablones que regulan la entrada de caudal a la escala.

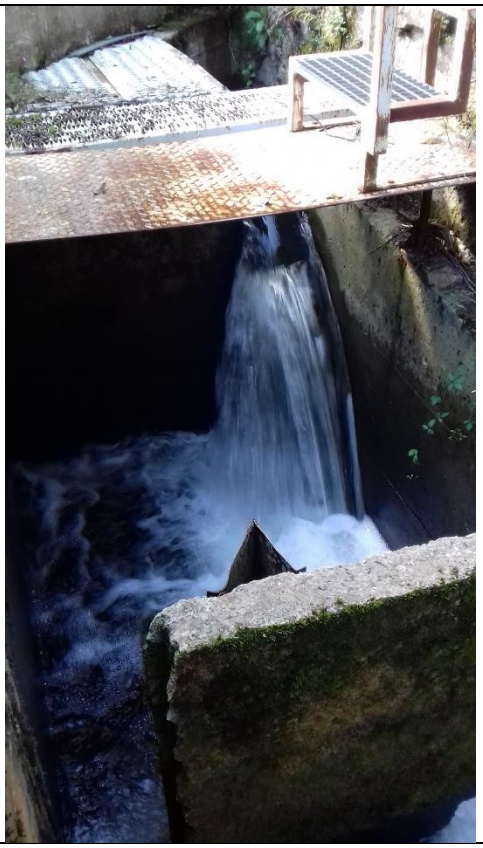


Figura 9. Artesa superior con salto de más de 70 cm existente con la escala en marcha para caudales bajos. Fecha 17/10/2019, Q: 0,442 m^3/s; Q92.

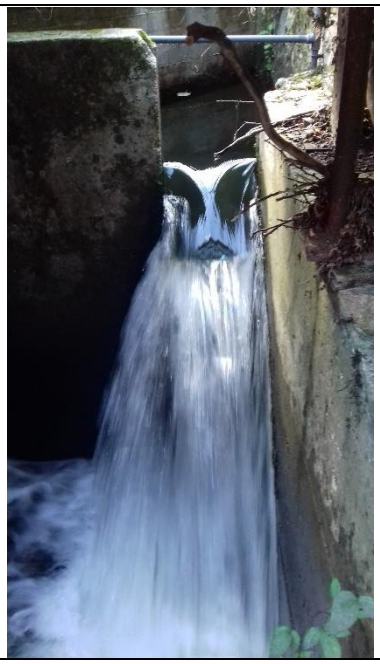


Figura 10. Artesa superior con salto de más de 70 cm existente con la escala en marcha para caudales bajos. Fecha 17/10/2019, Q: 0,442 m^3/s. Se observa la antena de detección.

Figura 11. Salto de la artesa superior o de salida con un caudal superior del río Leitzaran. Fecha 03/01/2020, Q: 1,671 m^3/s; Q44.

Figura 12. Salto de la artesa superior o de salida con un caudal superior del río Leitzaran. Fecha: 19/12/2019, Q=3,423 m3/s; Q21.

Figura 13. Antena de detección instalada en la artesa superior o de salida, visto desde arriba con caudales bajos.

Figura 12. Antena de detección instalada en la artesa superior o de salida, visto desde arriba con caudales superiores.

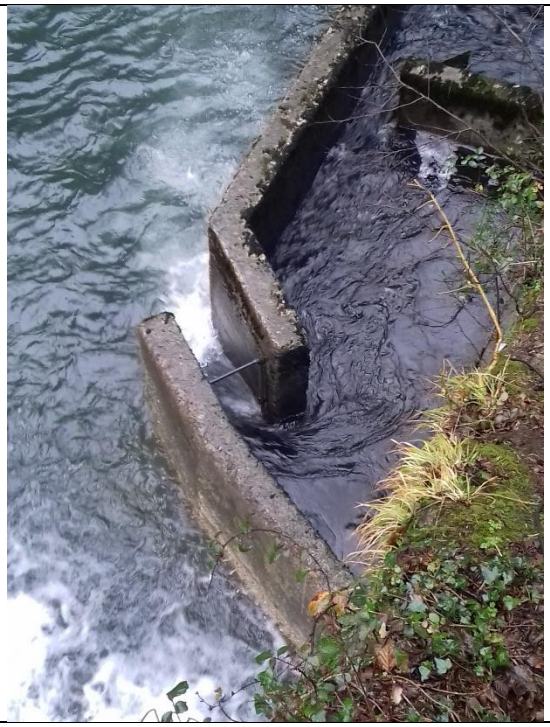


Figura 13. Antena de detección instalada en la entrada a la escala, artesa inferior.

Figura 14. Estación de aforo de Ameraun con caudales bajos y altos.

Figura 15. Equipo de detección (CPU) instalado en la caseta de control junto a la toma del canal en margen izquierda. Se observan los cables de las 2 antenas de detección de la escala, que llegan hasta la caseta.

ANEXO I. Azud y escala de la C.H. Plazaola, sistema de detección

Figura 1. Azud de la C.H. Plazaola y dispositivo de paso para peces (escala de artesas sucesivas) en margen izquierda. Llamada clara con caudales bajos.

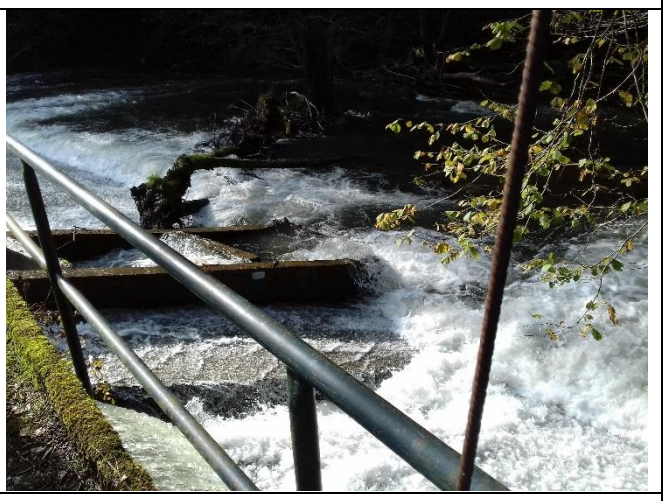


Figura 2. Escala y paramento inclinado del azud con caudal bajo y cuando rebosa por encima del azud, enmascarando la llamada de la escala.

Figura 3. Vista frontal de la escala y antena de detección en la escotadura. Q Leitzaran: 1,378 m^3/s ; Q48.

Figura 4. Salto excesivo a la entrada de la escala

Figura 5. Vista de las 3 artesas de la escala desde arriba.
Q Leitzaran: 7,793 m^3/s ; Q5.

Figura 6. Vista de la 2ª y 3a artesa de la escala.
Q Leitzaran: 7,793 m^3/s; Q5.

Figura 7. Escala y llamada, Q Leitzaran: 4,182 m^3/s ; Q14.

Figura 8. Escala con caudal que rebosa por encima del azud y de la escala.

Figura 9. Compuerta de la 3a artesa o de salida de la escala.

Figura 10. Proceso de instalación de la antena a la salida de la escala, detrás de la compuerta.

Figura 11. Proceso de instalación de la antena a la entrada de la escala.

Figura 12. Trucha marcada paraProceso de instalación de la antena a la entrada de la escala.

Figura 13. Radiotransmisor para trucha (arriba) y marca PIT (abajo).

Figura 14. Emisor de la trucha T_PLA_06, depredada y recuperada el día 17 de enero. Se encontraba bajo el agua cerca del azud.