

**ESTUDIO DE LA MIGRACION DESCENDENTE DE ANGIULA
PLATEADA Y AFECCION DE UNA CENTRAL HIDROELECTRICA
(C.H. ALTUNA TXIKI) EN EL RIO UROLA**



2012

MEMORIA



DIRECCIÓN - EQUIPO DE TRABAJO

DIRECCIÓN:

- ✓ DARÍO YÉCORRA - URA (Uraren Euskal Agentzia/Agencia Vasca del Agua)

EQUIPO REDACTOR:

- ✓ IKER AZPIROZ - Ekolur SLL

TRABAJO DE CAMPO:

- ✓ IKER AZPIROZ - Ekolur SLL
- ✓ JOSEBA TOBAR - Ekolur SLL
- ✓ MIKEL LIZASO - Ekolur SLL

Se agradece la ayuda y apoyo prestado en la realización del proyecto a:

- IÑAKI BAÑARES e IÑIGO MENDIOLA (Diputación Foral de Gipuzkoa, Dpto. de Innovación, Desarrollo Rural y Turismo)
- PATXI TAMES (Diputación Foral de Gipuzkoa, Dpto. de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio)
- JOSE LUIS ECHEVERRÍA GALARZA como propietario de la Central Hidroeléctrica Altuna Txiki S.L.

ÍNDICE

1.- ANTECEDENTES	1
2.- INTRODUCCIÓN	3
3.- OBJETIVOS	4
4.- ÁREA DE ESTUDIO	5
5.- METODOLOGÍA	7
5.1.- SISTEMA DE DETECCIÓN PASIVA Y C.H. ALTUNA TXIKI.....	9
5.2.- RADIOSEGUIMIENTO.....	11
5.3.- CAPTURA Y MARCAJE	11
5.3.1.- Protocolo de marcaje	13
6.- SINTESIS SEGUIMIENTO AÑO 2011	14
7.- RESULTADOS	16
7.1.- ANGUILAS MARCADAS PARA SEGUIMIENTO.....	16
7.2.- MIGRACION	20
7.2.1.- Periodo de migración y parámetros ambientales	20
7.2.2.- Periodo de migración y caudales	23
7.2.3.- Migración y plateamiento	25
7.2.4.- Seguimiento y comportamiento	26
7.3.- IMPACTO de la C.H. ALTUNA TXIKI.....	29
7.3.1.- Caudales río Urola-canal y pasos de anguila.....	30
7.3.2.- Afección y mortalidad	32
7.3.3.- Sistemas/dispositivos para evitar el paso por turbinas	32
8.- CONCLUSIONES	34
9.- BIBLIOGRAFÍA	38

**ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO: C.H. ALTUNA TXIKI, SISTEMA DE DETECCION,
BARRERA SONICA, REJILLA Y BYPASSES**

ANEXO II. ANGUILAS MARCADAS PARA SEGUIMIENTO, RÍO UROLA

1.- ANTECEDENTES

En relación con la principal especie migradora anfibalina presente en todas las cuencas de la vertiente cantábrica de la CAPV, la anguila, en diciembre de 2008 se redactó el Plan de Gestión para la recuperación de la Anguila Europea en la CAPV en base al Reglamento (CE) No 1100/2007 y en octubre de 2010 la Comisión Europea aprobó este plan. Asimismo, el Reglamento (EC) No 1100/2007 en su artículo 9 requiere a los estados miembros que informen y evalúen la efectividad y el resultado de sus planes de gestión nacionales. Entre los principales puntos a informar se encuentra el de “nivel de los factores de mortalidad ajenos a la actividad pesquera propiamente dicha, y la reducción efectuada con arreglo a lo dispuesto en el artículo 2, apartado 10.”. De acuerdo al grupo de trabajo WGEEL (ICES 2010) esta información debería de incluir entre otros, aspectos relacionados con la mortalidad por turbinas en aprovechamientos hidroeléctricos, unos de los principales factores de mortalidad de las anguilas plateadas o reproductoras en su migración descendente al mar y uno de los factores que han contribuido al declive de la población de anguila (ICES 2002).

Asimismo, entre los principales objetivos de la Directiva Marco del Agua (60/2000/CEE) se encuentra el de alcanzar el buen estado ecológico de las masas de agua superficiales, siendo la continuidad fluvial uno de los apartados evaluadores del estado ecológico de las masas de agua superficiales. El término de continuidad fluvial incluye la posibilidad de garantizar la libre circulación de la fauna piscícola a lo largo de los cursos fluviales no sólo en sentido ascendente o de remonte sino también en sentido descendente, como es el caso de las anguilas plateadas o reproductoras o los esguines de salmón atlántico y reo en las cuencas cantábricas de la CAPV.

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).

En el ámbito del proyecto “Recang: recuperando la anguila: desarrollo de herramientas científico-técnicas para la implementación de planes de gestión en las cuencas europeas” (http://www.uragentzia.euskadi.net/u810003/es/contenidos/informe_estudio/2013_recuperando_anguil_a/es_docu/index.html) se realizó una estimación teórica del impacto o mortalidad provocada por los aprovechamientos hidroeléctricos de la cuenca del Oria (Gipuzkoa) en la migración descendente de anguila plateada a partir de una amplia revisión bibliográfica. Esta primera aproximación otorgaba una tasa de mortalidad determinada a cada aprovechamiento y simulaba la mortalidad acumulada para todo el corredor migratorio del Oria. La mortalidad acumulada para el total de anguilas plateadas localizadas aguas arriba de los aprovechamientos hidroeléctricos de la cuenca del Oria se estimaba entre el 34,7% y 66,3% del total. Estimaciones recientes realizadas in situ mediante marcaje con radiotransmisores y seguimiento de anguilas plateadas en corredores migratorios con varios aprovechamientos hidroeléctricos, ofrecen valores similares y en ocasiones hasta superiores (Dönni et al. 2001; Bruijs et al. 2003; Winter et al. 2006; Baran et al. 2012). Cabe destacar como ejemplo

reciente el estudio realizado en un corredor o tramo de la cuenca del Adour (Gave de Pau), con un total de 26 aprovechamientos hidroeléctricos y un escape de entre el 33%-66% del total (media del 49 %) o lo que es lo mismo, una mortalidad acumulada del 34%-67% (media del 51%), donde cabe destacar que tan sólo cuatro de los veintiséis aprovechamientos provocan el 35% de la mortalidad total (Voetgle B., Larinier M. 2008). Este estudio se enmarca en el ámbito de un amplio programa desarrollado a nivel nacional en el marco del plan de gestión de la anguila en Francia y la problemática de la migración ascendente y descendente (infraestructuras existentes, impacto, análisis y evaluación de soluciones y medidas para mitigar estos impactos, etc.) durante el periodo 2009-2011, con un presupuesto total de 4,5 millones de €, y financiado por entes públicos así como por 5 compañías hidroeléctricas (Baran et al. 2012).

Sin embargo y en lo que respecta a la estimación realizada en la cuenca del Oria en el ámbito del proyecto Recang, ésta es una aproximación teórica y en las conclusiones del citado trabajo se recomienda realizar estudios de mortalidad reales en los aprovechamientos hidroeléctricos más relevantes o en los que a priori mayor afección causarían en las principales rutas migratorias de la especie.

En consecuencia, en el año 2011 la Agencia Vasca del Agua/Uraren Euskal Agentzia (URA) realizó por vez primera un estudio de seguimiento en relación con la introducción de anguilas plateadas en el canal de derivación de la central hidroeléctrica de Altuna Txiki S.A. en el río Urola, durante el periodo de migración descendente hacia el mar en otoño (octubre-diciembre). El objetivo de este estudio fue el de valorar el impacto de esta central situada en el curso bajo del río Urola, así como testar la eficacia de una barrera sónica (barrera comportamental/behavioural barrier) instalada en el canal y de la rejilla (barrera física) situada en la cámara de carga en relación con su capacidad de repeler la entrada de anguilas hacia turbinas. Asimismo, se pretendía obtener información en torno al conocimiento de la fase de migración descendente de la anguila en los ríos de la CAPV (periodo de bajada, picos migratorios, relación con variables hidrológicas, etc.).

Finalmente, tras la puesta en marcha de este novedoso estudio en el año 2011, en el año 2012 se vuelve a realizar el seguimiento de anguilas plateadas en el río Urola y en la misma central hidroeléctrica de Altuna Txiki S.A. pero realizando algunas modificaciones en la metodología de estudio con el objetivo de mejorar la cantidad y calidad de la información a obtener. Los resultados obtenidos se incluyen en este documento.

2.- INTRODUCCIÓN

La migración descendente al mar de anguila plateada o reproductora es un fenómeno poco estudiado hasta la fecha y aunque en los últimos años se ha avanzado en su estudio y conocimiento, la mayor parte de la información tenía origen en la pesquería comercial de anguila plateada (Brujij, M. and Durif, C. 2009). De esta forma los periodos de pesca de anguila plateada comprenden el periodo de migración, en Francia la pesquería comienza en el mes de octubre y finaliza en el mes de abril y según los datos de pesquería del río Loire el pico de migración corresponde al mes de noviembre (Durif and Elie 2008). Estudios de seguimiento realizados en otras cuencas europeas comprenden también estos principales periodos de migración, fenómeno que parece ser desencadenado principalmente por aumentos en el caudal circulante (Feunteun et al. 2000; Brujij et al. 2003; Durif et al. 2003; Durif 2004; Gosset et al. 2005; Winter et al. 2006; Jansen et al. 2007; Voegtli B. & Larinier M., 2008; Travade et al. 2010) además de por otros parámetros ambientales. Sin embargo el periodo de pico migratorio evoluciona en función de la latitud, mientras que en latitudes de 45-50° N coincide con el fin del otoño o el comienzo de invierno, en latitudes superiores como en el río Imsa en Noruega (Vøllestad et al. 1986) y la franja costera de Noruega (Bergersen and Klemetsen 1988) las anguilas plateadas migran sin embargo principalmente en el mes de agosto, comenzando en el mes de julio, ya que éstos reproductores tienen que cubrir una distancia superior al resto de subpoblaciones y de esta forma, iniciando antes la migración, es posible que alcancen las áreas de reproducción en sincronía con el resto.

En su migración descendente hacia el mar, las anguilas plateadas se encuentran amenazadas por la presencia de aprovechamientos hidroeléctricos y la mortalidad al paso por turbinas, uno de los factores que han contribuido al declive de la población de anguila a nivel global (ICES 2002). Por tanto para la adopción de medidas de gestión con el objetivo de disminuir el impacto de las instalaciones hidroeléctricas a escala de curso o corredor migratorio, resulta indispensable estimar de forma previa el impacto individual de cada uno de los aprovechamientos, el cual se basa en el conocimiento de los siguientes 3 apartados:

- Actividad migratoria en la cuenca y principales corredores: periodo, picos de migración y relación con parámetros ambientales.
- Distribución y comportamiento de las anguilas a la altura de cada aprovechamiento: proporción que accede a los canales y turbinas, fracción que migra aguas abajo por encima del azud o fracción que utiliza posibles alternativas de retorno al río cuando las haya (aliviaderos, compuertas o bypasses diseñados con este objetivo).
- Mortalidad al paso por turbinas: dependiente de varios parámetros como el tipo de turbina, salto, caudal turbinado, longitud de las anguilas, etc.

Los dos primeros apartados son desconocidos, particulares y variables en cada cuenca y aprovechamiento, por lo que necesitan de un estudio in situ, al menos en los corredores y aprovechamientos de mayor interés e impacto potencial, mientras que en el caso del último apartado existen modelos predictivos de la mortalidad que puedan causar los principales tipos de turbinas, en especial las tipo Kaplan (Gomes & Larinier 2008).

3.- OBJETIVOS

El presente estudio tiene como objetivo alcanzar o al menos obtener una primera aproximación de los siguientes apartados relacionados con la permeabilidad fluvial y la mortalidad de anguila plateada en cuencas de la CAPV:

- Estudiar el periodo de migración de bajada de anguilas plateadas en el curso medio-bajo del río Urola (Gipuzkoa) durante el otoño-invierno de 2012-2013: fechas de migración, relación con factores hidrológicos (caudales, turbidez, temperatura del agua, etc.), posibles diferencias en los patrones de migración por sexo, o estado de plateamiento, etc.
- Determinar el impacto de la central hidroeléctrica de Altuna Txiki S.A. en la población migradora de anguila plateada del río Urola: fracción que accede al canal de derivación o aprovechamiento de la central, fracción que pasa por turbinas y fracción que migra aguas abajo por encima del azud.
- Valorar la eficacia de dispositivos de paso e infraestructuras existentes en la central para evitar la entrada de anguilas plateadas en turbinas. En concreto se testará la eficacia de una barrera física tipo rejilla anti-peces y una barrera sónica o comportamental.

El objetivo final, mediante la realización de este estudio en futuras campañas, es el de valorar el impacto que causan las centrales hidroeléctricas en la población de anguila plateada en esta y otras cuencas de la CAPV, conocer este proceso y facilitar la adopción de medidas de gestión oportunas como el cierre temporal de turbinas en momentos muy determinados, o la adecuación temporal de los aprovechamientos en relación con sistemas de bajada (bypasses, aliviaderos, etc.).

4.- ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio de este trabajo comprende el curso medio-bajo del río Urola (Gipuzkoa), desde la zona intermareal hasta la localidad de Zestoa. El río Urola, al igual que el resto de ríos cantábricos de la CAPV, es de corto recorrido, elevada pendiente y discurre a lo largo de valles estrechos. Nace en la sierra de Aizkorri y vierte sus aguas en el cantábrico a la altura de la localidad de Zumaia. La cuenca del Urola tiene una superficie de 337,5 Km², el eje principal una longitud de 65 km y pendiente media del 1,35%. La precipitación media anual es de 1.329 mm, el caudal medio anual de 10,87 m³/s y la aportación media anual alcanza los 295 hm³.

La presencia de obstáculos, principalmente azudes, es abundante en la cuenca del Urola y limita en gran medida las posibilidades de que la anguila se distribuya en ella, sobre todo en la parte media y alta de la cuenca. En relación con la producción hidroeléctrica asociada a algunos de estos obstáculos, son 9 los principales aprovechamientos hidroeléctricos en marcha en la cuenca (Figura 1), de los cuales y en base a la distribución actual de la especie, que se limita al curso bajo-medio del río Urola (DFG & Ekolur 2011), son 4 los aprovechamientos de mayor impacto potencial comenzando desde el situado más cerca respecto a la desembocadura la mar: C.H. Rezusta (Molino Rezusta), C.H. Altuna Txiki, C.H. Alberdikoa y C.H. Badiolegi.

El presente estudio se realiza en la C.H. Altuna Txiki, situado a unos 5 km aguas arriba del límite mareal y a unos 11 km de la desembocadura al mar, mientras que el tramo fluvial objeto de estudio aguas arriba tiene una longitud de 7 km hasta el punto más alejado de captura y marcaje de anguilas a la altura de la localidad de Zestoa (Figura 2).

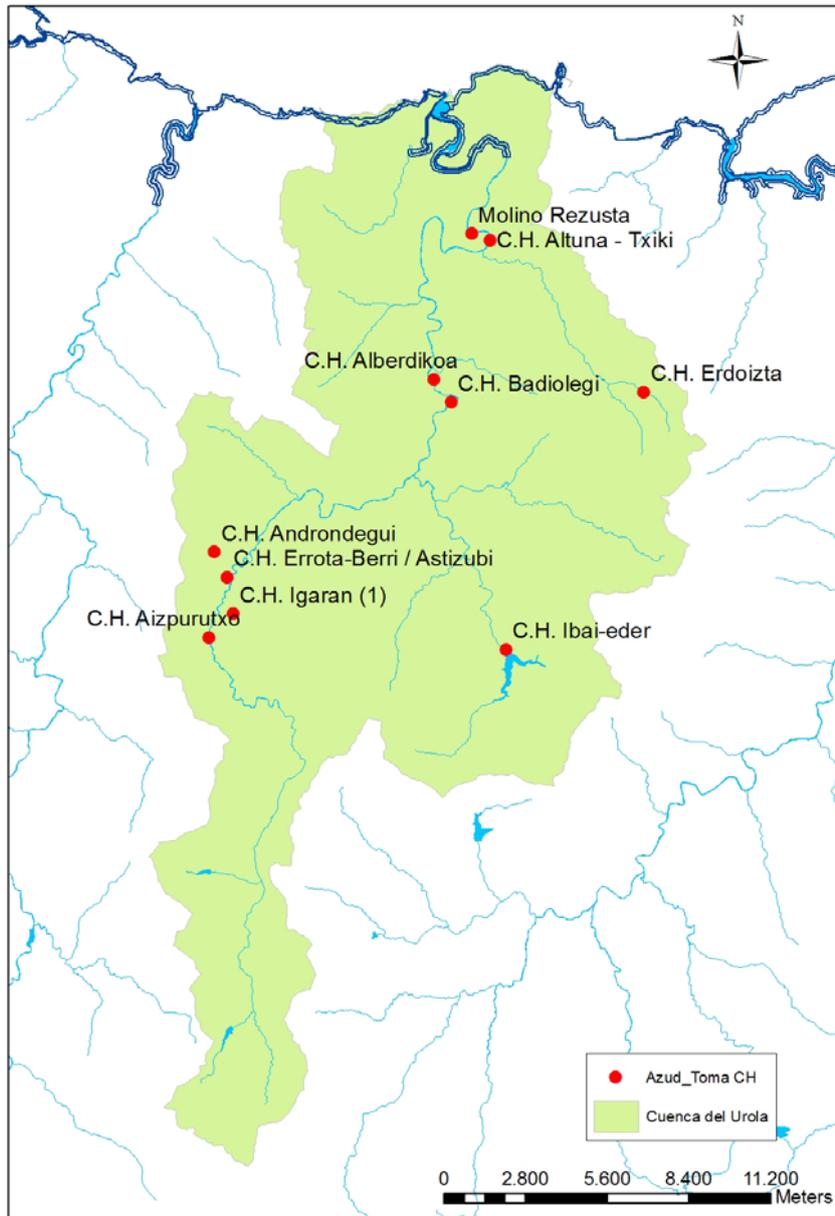


Figura 1. Localización de las tomas (azudes y presas) de los principales aprovechamientos hidroeléctricos en la cuenca del Urola.

5.- METODOLOGÍA

El estudio de la migración de anguilas plateadas en el río Urola, la evaluación del impacto de la C.H. Altuna Txiki en ellas y el estudio de la eficacia de dos sistemas de repulsión (barrera sónica y física-rejilla) se basa en el seguimiento y detección de anguilas mediante técnicas de telemetría. La C.H. Altuna Txiki se considera el aprovechamiento más apropiado de los cuatro existentes en el curso medio-bajo del río Urola para realizar un estudio de estas características. Por una parte es el penúltimo aprovechamiento del río Urola en sentido descendente, por lo que la mayor parte de las anguilas plateadas que migran cada campaña en esta cuenca se ven afectadas por ella y por otra, sus características físicas (canal de derivación, toma, aliviaderos de fondo, rejilla en cámara de carga, etc.) se prestan a la aplicación de un estudio de estas características.

La metodología utilizada en este estudio se basa en la aplicada en el primer estudio del año 2011 y consiste en el recuento o detección pasiva de anguilas plateadas, previamente marcadas aguas arriba en el río Urola (marcas pit), en la toma o canal de derivación de la C.H. Altuna Txiki mediante un sistema de detección instalado a tal efecto. Este sistema únicamente aporta información en el caso de que las anguilas marcadas se introduzcan en el aprovechamiento hidroeléctrico, por lo que con objetivo de conocer la evolución de una fracción de las anguilas marcadas durante todo el periodo de estudio en relación con su comportamiento, desplazamientos, periodos de migración, etc. independientemente de si se introducen o no en el aprovechamiento, en este estudio se marca una fracción de los ejemplares con radiotransmisores, lo que permite su seguimiento y localización periódica.

El estudio se lleva a cabo durante el periodo de mayor actividad migratoria de las anguilas plateadas en estas latitudes, entre los meses de octubre de 2012 y enero de 2013 (Brujls et al., 2009). El sistema de detección de la C.H. Altuna Txiki se instala y pone en marcha entre los días 1 y 2 de octubre de 2012, tras lo cual se capturan y marcan las anguilas objeto de seguimiento durante los días 3 y 4 de octubre. El estudio de seguimiento finaliza el día 22 de enero, cuando se realiza la última localización de ejemplares marcados con radiotransmisores y se procede al apagado del sistema de detección instalado en la C.H. Altuna Txiki.

La combinación de ambas técnicas de telemetría, radioseguimiento manual o activo y detección pasiva de anguilas marcadas con pit en el canal o toma de la C.H. Altuna Txiki, pretende cubrir los siguientes 3 apartados de conocimiento:

- **Actividad migratoria:** identificar el periodo y principales picos de migración en relación con variables ambientales, principalmente caudal circulante. Los datos tienen origen en las localizaciones manuales mediante radioseguimiento y en las detecciones instantáneas de anguilas en el canal de derivación de la central mediante el sistema de detección instalado. Los datos de los principales parámetros hidrológicos (caudal, T^a , turbidez, etc.) tienen origen en la estación de aforo propiedad de la DFG en Aizarnabal (río Urola), 1 km aguas arriba de la C.H. Altuna Txiki. Asimismo se analizará el porcentaje de anguilas que emprende la migración al mar en base a su estadio de desarrollo o platemiento.

En relación con los caudales del río Urola durante el periodo de migración y estudio, de octubre a enero, a partir de los caudales clasificados con origen en los caudales medios diarios registrados por la estación de aforo de Aizarnazabal para el periodo 1996-2012, se calculan los caudales clasificados para el periodo de octubre-enero 1996-2012.

- **Impacto o afección de la C.H. Altuna Txiki** en base al número de anguilas en migración que accede al aprovechamiento a través de la toma o canal de derivación. Los datos tienen origen en las localizaciones manuales mediante radioseguimiento y en las detecciones instantáneas de anguilas en el canal de derivación de la central mediante el sistema de detección instalado.

El objetivo principal en este caso es el de conocer el porcentaje de anguilas que accede al aprovechamiento, lo cual depende además de la configuración del azud y toma del canal de derivación, de la relación entre el caudal del río Urola y el caudal que detrae el canal de derivación de la central. Los datos correspondientes al caudal medio diario del río Urola tienen origen en la estación de aforo propiedad de la DFG en Aizarnabal (río Urola), 1 km aguas arriba de la central. A este caudal se le suma el caudal medio diario estimado por proporcionalidad de cuenca para la subcuenca del Altzolaratz, de 25,58 km² de superficie y que desemboca entre la estación de aforo y la C.H. Altuna Txiki. Para estimar el caudal correspondiente al canal de derivación, se realizan mediciones de la velocidad del agua (m/s) a diferentes alturas de la columna de agua, así como de la altura (m) de la columna de agua y anchura (m) del canal, durante las jornadas o periodos en los que se registra actividad migratoria. El caudal se calcula de la siguiente forma:

$$Q_{\text{canal}} (\text{m}^3/\text{s}) = \text{anchura (m)} \times \text{altura (m)} \times \text{velocidad (m}^3/\text{s)}$$

De momento no se realiza ninguna estimación de la mortalidad que causarían las turbinas de la central en la población migradora, la cual se basaría en una aproximación o fórmula predictiva (Gomes & Larinier 2008) en base al número de anguilas que pasa por turbinas, su longitud furcal y las características del aprovechamiento (tipo turbina, número de palas, caudal turbinado, salto, etc.) o en referencia bibliográficas recientes.

- **Eficacia** de una barrera comportamental (**barrera sónica**) y física (**rejilla**) asociadas a infraestructuras (aliviaderos o compuertas de fondo) existentes en la central y habilitadas a modo de dispositivo de salida o bypass con el objetivo de evitar la entrada de anguilas plateadas en turbinas y habilitar una salida para retornar al río Urola.

La detección de anguilas al inicio del canal en la toma y en cada uno de los aliviaderos o bypasses habilitados, permite conocer qué alternativas de paso utilizan las anguilas que se introducen al canal y al mismo tiempo, además de valorar la eficacia de la barrera comportamental permite valorar la eficacia de una barrera física (rejillas de la cámara de carga). Asimismo se mide la velocidad del agua de forma sistemática en el canal de derivación y a la altura de las barreras y los bypasses durante el periodo de migración. La velocidad del agua es un factor de vital

importancia en este caso, se recomienda que no supere los 0,5 m/s, en especial frente a las rejillas de cámara de carga, velocidades superiores pueden provocar un efecto de succión hacia las turbinas.

5.1.- SISTEMA DE DETECCIÓN PASIVA Y C.H. ALTUNA TXIKI

El punto de control para la detección pasiva de anguilas plateadas en migración se sitúa en la Central Hidroeléctrica de Altuna Txiki, a la altura de la localidad de Aizarnazabal, a unos 5 km aguas arriba del límite mareal y a unos 11 km de la desembocadura al mar (Figura 1). El aprovechamiento cuenta con un azud de 2,6 metros de altura y 44,5 m de largo, hecho de mampostería y reforzado posteriormente con hormigón. Este obstáculo no cuenta con dispositivo de paso alguno para peces en sentido ascendente y la toma se sitúa en margen izquierda, cuyo canal de derivación tiene una longitud de 165 m, finalizando en una cámara de carga provista de una rejilla de luz variable. La entrada al canal es libre, no tiene rejilla ni sistema disuasorio alguno. A lo largo del canal de derivación existen 3 compuertas o aliviaderos de fondo, una al inicio del canal, otra a medio tramo y una última en la cámara de carga.

Para el sistema de detección pasiva se cuenta con equipos de detección (CIPAM) de marcas PIT. Cada equipo consta de una unidad central (o CPU) conectada a varias antenas, las cuales se instalarían en las áreas de detección, que en este caso corresponden a la toma o entrada del canal de derivación y los 2 bypasses o aliviaderos asociados a cada una de las barreras, comportamental (barrera sónica) y física (rejilla). La Figura 2 incluye un esquema donde se muestra la ubicación concreta de del azud, la derivación o toma, dispositivos de paso o bypasses/aliviaderos, así como el sistema de detección con las 6 antenas instaladas. Asimismo en el Anexo I se incluye un reportaje fotográfico correspondiente al aprovechamiento hidroeléctrico y al sistema de detección instalado.

Debido a las dimensiones de la toma del canal de derivación, se diseñan e instalan 3 antenas de 4,0x0,8 m (Antenas 1, 2 y 3) dispuestas una sobre la otra con el objetivo de abarcar toda la sección del canal. En este punto se detecta la entrada de anguilas marcadas con pit al canal. Hacia la mitad del tramo se instala la barrera sónica, poco después del segundo aliviadero del canal, el cual cumple la función de bypass y donde se instala la cuarta antena de detección (Antena 4). Una decena de metros antes de alcanzar la cámara de carga o final del canal se instala una quinta antena (Antena 5) en el fondo o suelo del canal con el objetivo de detectar el paso de anguilas en este punto. Finalmente, poco antes que la rejilla (barrera física) que da entrada a turbinas se sitúa el tercer aliviadero de fondo que se habilita como bypass de salida al río y donde se instala la sexta antena de detección (Antena 6).

Esta metodología requiere que las anguilas sean marcadas previamente con marcas PIT (Passive Integrated Transponder) aguas arriba del aprovechamiento, de esta forma en caso de que se introduzcan en el canal de derivación durante su migración de descenso, éstas son detectadas tantas veces como atraviesen cualquiera de las antenas instaladas a tal efecto y en cualquiera de las direcciones, de entrada o de salida. Estas marcas, de 32 mm de longitud, contienen un código alfanumérico único, lo que permite una identificación individual de los ejemplares marcados. El momento de detección es preciso, 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). Por tanto, el registro temporal de anguilas marcadas con pit en las distintas antenas permite descifrar la ruta realizada por cada uno de los ejemplares marcados y conocer si acceden al canal, utilizan los bypasses asociados a la barrera sónica y física, etc.

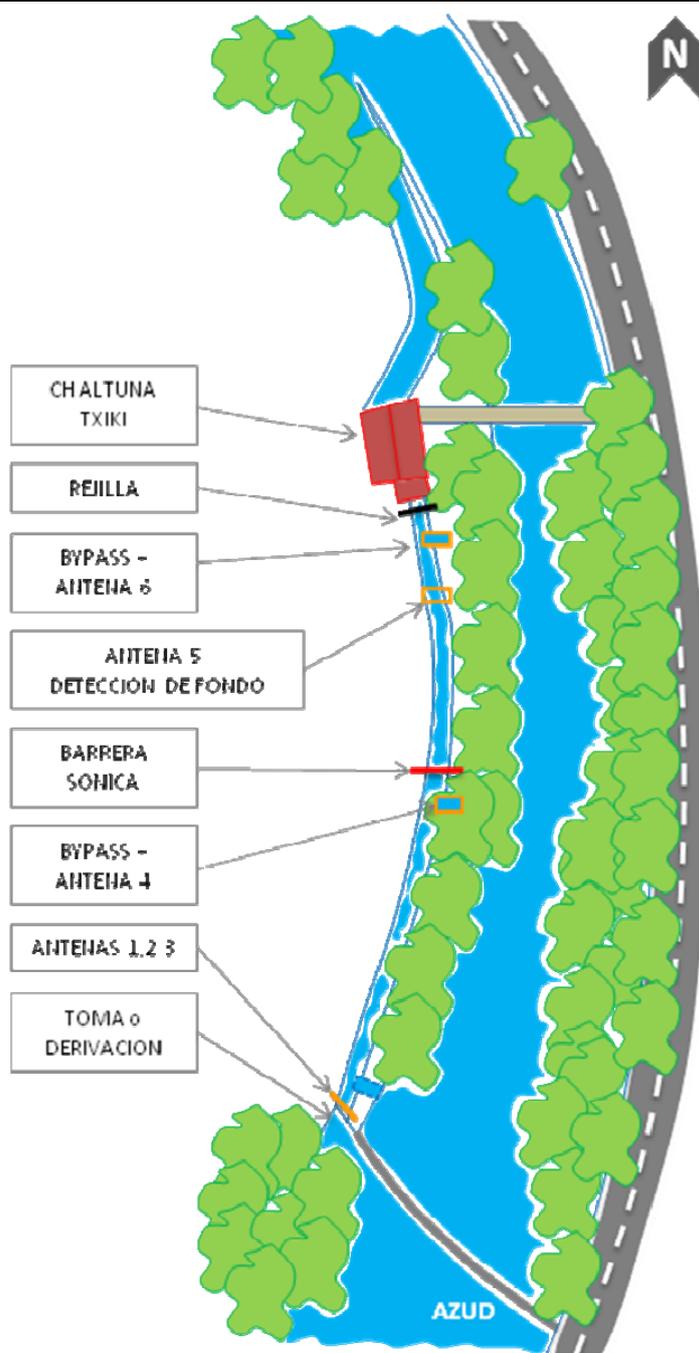


Figura 2. Esquema-situación de los dispositivos, sistemas de detección y bypasses instalados en la C.H. Altuna Txiki en el río Urola.

5.2.- RADIOSEGUIMIENTO

Esta técnica permite localizar cada ejemplar de forma precisa e individual y conocer su evolución en el área de estudio. El radioseguimiento manual comienza una vez se liberan las anguilas capturadas y marcadas. El punto de suelta coincide con el punto de captura, es decir, no se traslocan los ejemplares capturados con el objetivo de interferir lo menos posible en el comportamiento migratorio y para que éste sea representativo de la migración natural de la cuenca.

- Se realiza un seguimiento permanente de estos ejemplares, la periodicidad de las localizaciones es variable, desde diaria durante los periodos de mayor actividad migratoria hasta 2 veces por semana en los periodos de poca o casi nula actividad.
- El seguimiento manual de los ejemplares marcados se realiza mediante transeptos longitudinales paralelos al río. Cada localización se anota en cartografía 1:5000, así como el pk del punto de localización para posterior cálculo de distancias recorridas.
- Cada radiotransmisor emite a una frecuencia distinta por lo que el seguimiento, localización y detección es totalmente individual.

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. El receptor utilizado es el modelo R2000 Challenger Receiver y una antena tipo Yagi direccional (142.000-143.999 MHz). Se marcan un total de 12 anguilas con radiotransmisor, a las cuales se les inserta también una marca tipo pit.

5.3.- CAPTURA Y MARCAJE

Las anguilas objeto de seguimiento se capturan y marcan en 2 puntos o estaciones del río Urola, aguas arriba de la C.H. Altuna Txiki (Figura 3). Se capturan y marcan un total de 89 anguilas adultas:

- 22 anguilas con marcas tipo PIT en el meandro de Iraeta (E-1), 3,3 km aguas arriba de la C.H. Altuna Txiki, de las cuales 5 llevan también radiotransmisor.
- 67 anguilas con marcas PIT a la altura de Zestoa (E-2), 7 km aguas arriba de la C.H. Altuna Txiki, de las cuales 7 llevan también radiotransmisor.

La captura de anguilas en ambas estaciones se realiza mediante pesca eléctrica en un tramo de longitud variable. Los ejemplares capturados se seleccionan en base a su estadio de desarrollo, se capturan principalmente ejemplares adultos y con signos externos de plateamiento (coloración dorso-ventral, hipertrofia ocular, línea lateral visible con neuromastos, etc). Con el objetivo de determinar el estadio de desarrollo o fase de plateamiento de manera más precisa, se utiliza un método no invasivo a partir de datos biométricos (longitud furcal en mm, peso en g, diámetro ocular en mm, longitud aleta pectoral

en mm) que permite asignar a cada individuo una de las 6 categorías de desarrollo establecidas y las cuales se incluyen en la tabla 1 (Durif et al. 2005; Durif et al. 2009b). En base a esta clasificación habría una única categoría para los machos plateados o migradores (MII) y en el caso de las hembras existen 3 categorías, de las cuales dos categorías se consideran migradoras (FIV y FV) y una pre-migradora (FIII). En el Anexo II se incluye la relación de anguilas marcadas, sus características biométricas y código de marca.

Categoría	Longitud	Sexo	Fase	Situación	Comportamiento
I	< 45 cm	M / H	anguila amarilla	Stock	Residente
II (FII)	> 45 cm	H	anguila amarilla	Stock	Residente
II (MII)	< 45 cm	M	anguila plateada	Migrador	Migrador
III (FIII)	> 45 cm	H	anguila amarilla	Pre-migradora	Inicio de la metamorfosis, migradora potencial
IV (FIV)	> 45 cm	H	anguila plateada	Migradora	Primeros desplazamientos migratorios
V (FV)	> 45 cm	H	anguila plateada	Migradora	Migradora

Tabla 1. M:macho; H:hembra;

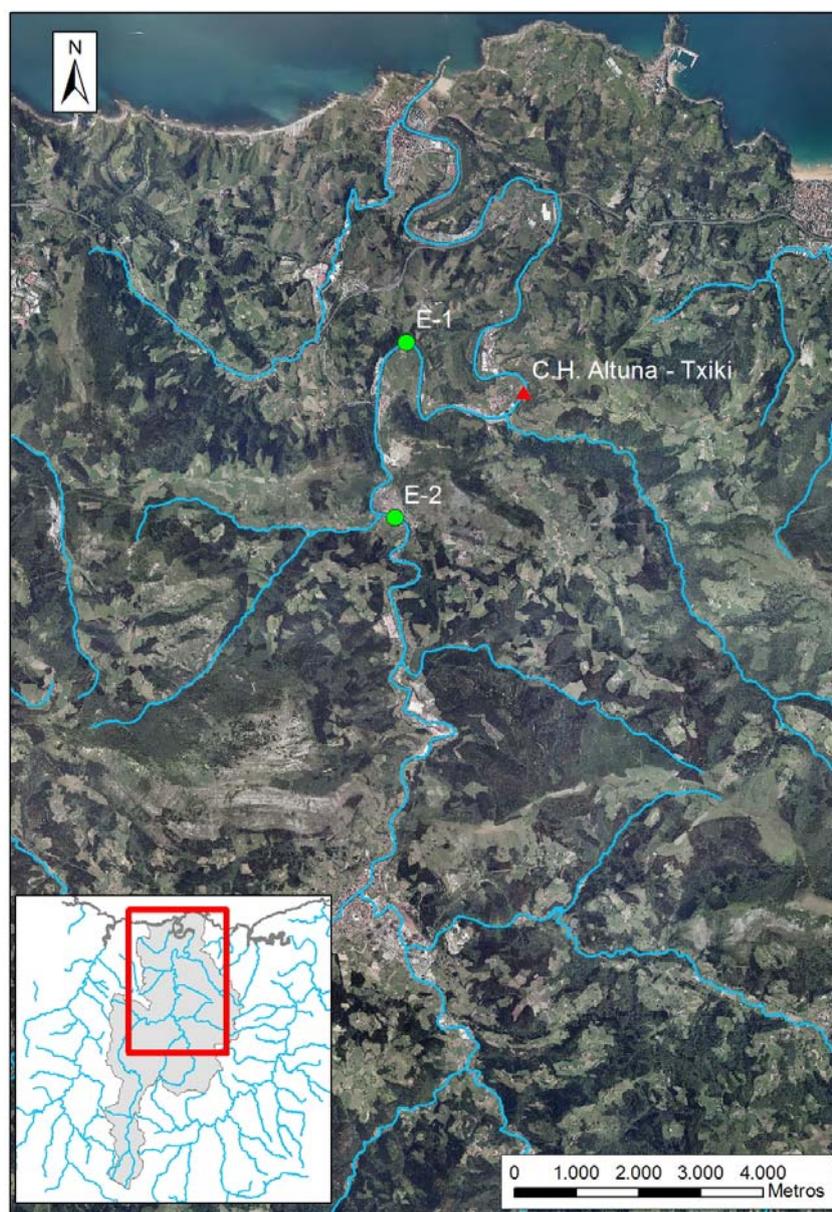


Figura 3. Localización de la C.H. Altuna Txiki y de los puntos de captura y marcaje de anguilas (E-1 y E-2) en el río Urola.

5.3.1.- Protocolo de marcaje

El proceso de marcaje consiste principalmente en introducir la marca (pit, radiotransmisor o ambos) en la cavidad abdominal del pez tras una breve intervención quirúrgica (Baras & Jeandrin 1998; Gosset et al. 2005; Bau et al. 2010a). Las anguilas capturadas son anestesiadas con aceite de clavo diluido al 10 % con etanol de 70 ° (Durif et al. 2005; Bau et al. 2010a) y colocadas en un soporte que facilita la intervención quirúrgica. Este soporte, al estar inclinado, permite que la cabeza y las branquias del pez permanezcan bajo el agua durante la intervención y continúe anestesiado. Se efectúa una pequeña incisión (10-20 mm) en la mitad posterior de la cavidad ventral, por donde se introduce la marca pit y se cierra la abertura con uno o dos puntos de sutura (hilo reabsorbible). Finalmente, se aplica yodo en la zona suturada y las anguilas tras una breve recuperación son devueltas al río.

Los radiotransmisores y marcas pit utilizadas no superan el 2,5 % del peso de las anguilas marcadas, ratio por encima del cual puede verse afectada la capacidad natatoria o flotabilidad de ciertas especies (Baras & Lagardere, 1995). Como promedio este ratio es del 0,30 % para las 89 anguilas marcadas, variando entre el 0,04 % y el 1,21 %.

6.- SINTESIS SEGUIMIENTO AÑO 2011

En el año 2011 se puso en marcha por vez primera este estudio, el primero de estas características que se realiza en la CAPV. La metodología empleada es la misma que la descrita en el presente informe para el año 2012 excepto que no se marcaron anguilas con radiotransmisores, sino que se marcaron únicamente con marca tipo pit. Por tanto, la información disponible tiene origen únicamente en las anguilas marcadas con pit que fueron detectadas en su acceso al canal de derivación de la C.H. Altuna Txiki.

Se marcaron un total de 53 anguilas aguas arriba de la C.H. Altuna Txiki durante los días 13 y 21 de octubre de 2011, la mayoría en la estación situada 7 km aguas arriba a la altura de Zestoa (E-2) y tan sólo 7 ejemplares 1 km aguas arriba de la central aproximadamente.

Los resultados obtenidos durante el estudio llevado a cabo en el río Urola y C.H. Altuna Txiki entre octubre y diciembre de 2011 se encuentran fuertemente condicionados por el episodio de inundaciones registrado en el mes de noviembre (Figura 4). Durante la puesta en marcha y primeras semanas de seguimiento el estiaje fue muy acusado y el caudal del río Urola muy bajo, por lo que resulta lógico que no se detectara actividad migratoria alguna en la central. Estas condiciones se vieron bruscamente alteradas con las inundaciones del mes de noviembre. La magnitud de estas inundaciones fue extraordinaria, con una avenida de periodo de retorno comprendido entre los cincuenta y los cien años y un caudal medio diario máximo en la estación de aforo de Aizarnazabal de 286 m³/s el día 6 de noviembre, el cual ocasionó importantes desperfectos en el canal de la C.H. Altuna Txiki y en el sistema de detección. Durante las siguientes 5 jornadas, con el caudal decreciendo pero siendo aún de notable magnitud (128-13 m³/s), el sistema de detección estuvo fuera de funcionamiento por lo que se pierde un periodo de elevada probabilidad para la migración. Posteriormente, durante las siguientes 34 jornadas los caudales volvieron a ser bajos y no se detectaron anguilas en el canal de la central. En el 2º pico de caudal de todo el periodo de estudio se registró la única entrada de anguila en el canal el día 17 de diciembre de madrugada (02h:26min:29sg).

A la vista de estos resultados no resulta descabellado pensar que el mayor pico de migración hubiera coincidido con las inundaciones del mes de noviembre. Los resultados obtenidos ofrecen poca información en relación con la migración de anguilas y su interacción con la C.H. Altuna Txiki. En consecuencia, con el objetivo de mejorar la cantidad y calidad de la información que se pueda recopilar y de cara al estudio del año 2012, se planteó aumentar el número de anguilas plateadas objeto de seguimiento y por otra marcar una fracción de las mismas con radiotransmisores, lo que permitiría realizar un seguimiento en continuo de estos ejemplares y observar su evolución y comportamiento durante todo el periodo de estudio.

Estudio de la migración descendente de anguila plateada y afección de una central hidroeléctrica (C.H. Altuna Txiki) en el río Urola

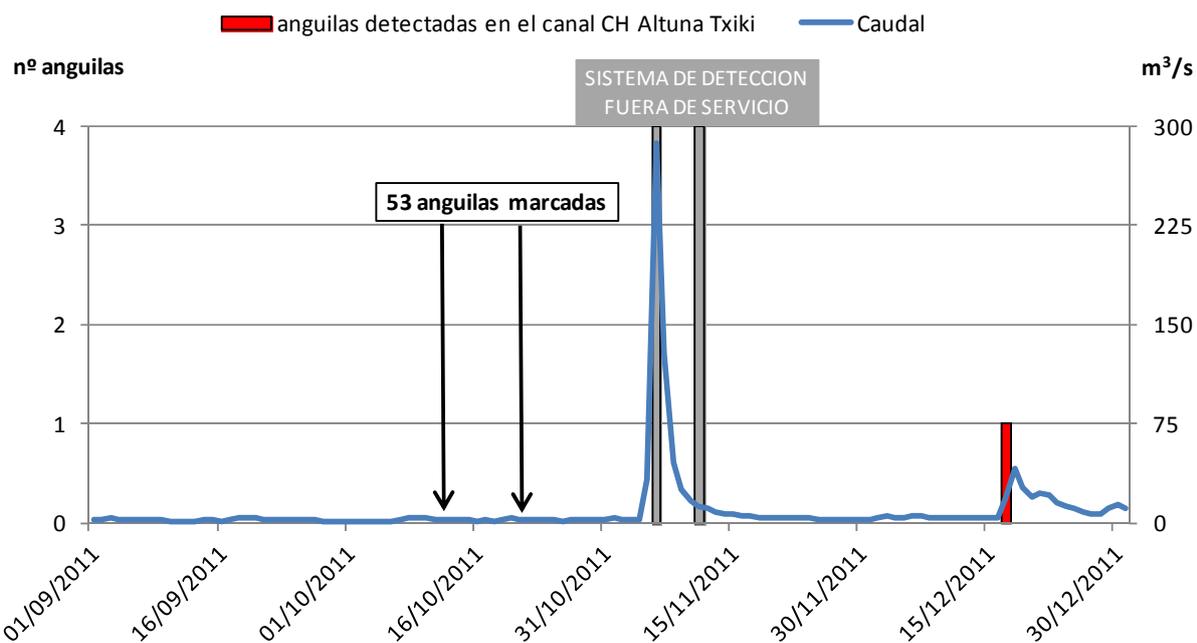


Figura 4. Evolución, incidencias, caudal medio diario (estación de aforo de Aizarnazabal) y anguilas detectadas en el canal de la C.H. Altuna Txiki durante el seguimiento realizado en el río Urola entre octubre y diciembre de 2011.

7.- RESULTADOS

7.1.- ANGUILAS MARCADAS PARA SEGUIMIENTO

Durante los días 3 y 4 de octubre de 2012 se capturan y marcan un total de 89 anguilas con marcas pit en 2 estaciones o puntos fluviales del río Urola aguas arriba de la C.H. Altuna Txiki. La mayoría, un total de 67 anguilas, se capturan y marcan en la estación situada 7 km aguas arriba (E-2) en la localidad de Zestoa, 7 de ellas marcadas también con radiotransmisores, mientras que las restantes 22 anguilas se capturan y marcan en la estación de Iraeta (E-1), 5 de ellas marcadas también con radiotransmisores.

Estación	Nº anguilas	Longitud (mm)		Peso (g)		Condición (K)	
		Media \pm D.T.	rango	Media \pm D.T.	rango	Media \pm D.T.	rango
E-1	22	583 \pm 147	328-768	556 \pm 443	66-1.678	0,218 \pm 0,05	0,159-0,370
E-2	67	609 \pm 125	369-966	525 \pm 361	93-1.778	0,199 \pm 0,03	0,139-0,293
Total	89	603\pm131	328-966	533\pm381	66-1.778	0,204\pm0,04	0,139-0,370

Tabla 2. Longitud furcal (mm), peso (g) y condición (K) de las anguilas capturadas y marcadas para seguimiento en las dos estaciones del río Urola aguas arriba de la C.H. Altuna Txiki.

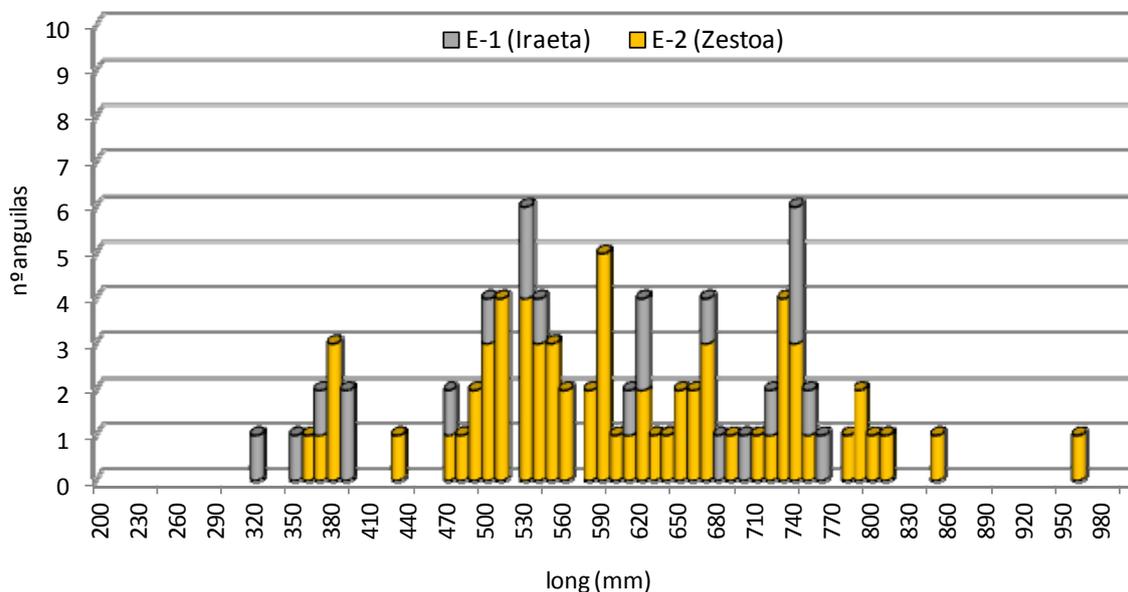


Figura 5. Distribución de clases de tallas de las anguilas marcadas para seguimiento en Iraeta (E-1) y Zestoa (E-2), río Urola, aguas arriba de la C.H. Altuna Txiki, año 2012.

Las anguilas marcadas corresponden a distintos estadios de desarrollo, determinados a partir de datos biométricos (Durif et al. 2005; Durif et al. 2009b) para cada uno de los individuos (Tabla 3; Figura 6). De esta forma de un total de 89 anguilas marcadas, el 75 % (n=67) serían anguilas plateadas o potencialmente migradoras, es decir, se incluirían en los estados FIII-FIV y FV (hembras) y MII (machos). Las restantes 22 anguilas, el 25 % de las marcadas, no se considerarían a priori como migradoras sino como sedentarias o amarillas

(FI-FII), que serían anguilas que permanecerán probablemente en el río hasta al menos el siguiente año. De las 67 anguilas potencialmente migradoras, 8 ejemplares serían machos mientras que los restantes 59 ejemplares serían hembras.

La clasificación de las anguilas en un estadio potencialmente migrador o sedentario no significa que necesariamente unos migren y otros no, algunas anguilas a priori sedentarias o amarillas (en concreto las hembras FII) pueden migrar ese mismo otoño-invierno y al contrario, algunas anguilas plateadas pueden no migrar y permanecer al menos hasta el año siguiente en el río. Sin embargo es más probable que las anguilas con mayor grado de desarrollo o metamorfosis (plateamiento) migren en cada campaña. Cabe destacar que en el caso de las hembras potencialmente migradoras se diferencian dos estadios migradores (FIV-FV) y uno premigrador (FIII), el cual no ha completado la metamorfosis aunque una importante fracción puede hacerlo y migrar en esta campaña.

		FI	FII	FIII	FIV-FV	MII	Total
Nº anguilas		2	20	31	28	8	89
Longitud (mm)	media±D.T	385±7	512±31	644±74	704±102	371±21	603±131
	Min.	380	438	512	518	328	328
	Max.	390	553	780	966	396	966
Peso (g)	media±D.T	106±18	244±50	561±221	864±412	98±18	533±381
	Min.	93	117	245	291	66	66
	Max.	118	351	929	1.778	126	1.778
Condición (K)	media±D.T	0,184±0,02	0,180±0,02	0,200±0,03	0,230±0,04	0,191±0,01	0,204±0,04
	Min.	0,169	0,139	0,157	0,168	0,180	0,139
	Max.	0,199	0,220	0,274	0,370	0,203	0,370

Tabla 3. Longitud furcal (mm), peso (g) y condición (K) de las anguilas capturadas y marcadas aguas arriba de la C.H. Altuna Txiki en el río Urola según se estadio de desarrollo o plateamiento.

Las diferencias en las características biométricas de las anguilas pertenecientes a los distintos estadios de desarrollo son significativas en coincidencia con el método de asignación o determinación de plateamiento establecido (Tabla 3; Figura 6). Los machos tienen una menor talla y peso medio en comparación con las hembras, mientras que en el caso de las hembras y en relación con el grado de desarrollo o plateamiento de cada estadio, las premigradoras (FIII) tienen un longitud, peso y coeficiente de condición media menor que las hembras migradoras (FIV-FV). Por otra parte, el coeficiente de condición (K) es superior para los estadios migradores y premigradores de ambos sexos (MII, FIII y FIV-FV) en comparación con las anguilas amarillas o no migradoras (FI-FII), o lo que es lo mismo, un mayor peso para determinada talla en relación con una mayor reserva lipídica, cara a la migración reproductora hacia el mar de los Sargazos.

Estudio de la migración descendente de anguila plateada y afección de una central hidroeléctrica (C.H. Altuna Txiki) en el río Urola

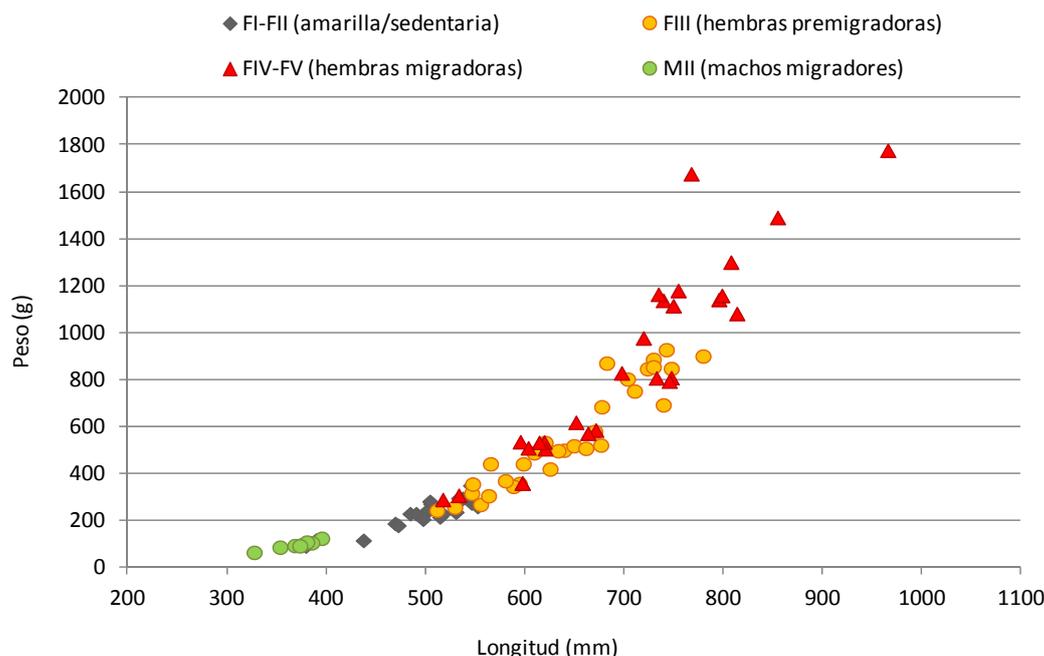


Figura 6. Distribución de clases de tallas de las anguilas marcadas para seguimiento en Iraeta (E-1) y Zestoa (E-2), río Urola, aguas arriba de la C.H. Altuna Txiki, año 2012.

De las 89 anguilas marcadas con marca tipo PÌT, 12 ejemplares se marcan también con radiotransmisores. Todas las anguilas marcadas con radiotransmisores son hembras, con una talla media de 766 mm, 1.125 g de peso medio y un coeficiente de condición medio de 0,250 (Tabla 4, Figura 7). De las 12 hembras radiomarcadas, 4 son clasificadas como premigradoras (FIII) y las restantes 8 como migradoras (FIV-FV).

Código	Long. (mm)	Peso (g)	K	Estado	Freq. (MHz)	Lugar
Ang04	720	979	0,262	FIV (hembra migradora)	142,002	Iraeta (E-1)
Ang06	740	1.139	0,281	FIV (hembra migradora)	142,013	Iraeta (E-1)
Ang11	743	929	0,226	FIII (hembra premigradora)	142,023	Iraeta (E-1)
Ang12	768	1.678	0,370	FIV (hembra migradora)	142,031	Iraeta (E-1)
Ang15	755	1.181	0,274	FIV (hembra migradora)	142,041	Iraeta (E-1)
Ang24	750	1.116	0,265	FIV (hembra migradora)	142,051	Zestoa (E-2)
Ang27	780	902	0,190	FIII (hembra premigradora)	142,061	Zestoa (E-2)
Ang34	808	1.302	0,247	FIV (hembra migradora)	142,071	Zestoa (E-2)
Ang41	724	848	0,223	FIII (hembra premigradora)	142,081	Zestoa (E-2)
Ang53	814	1.083	0,201	FIV (hembra migradora)	142,091	Zestoa (E-2)
Ang59	730	856	0,220	FIII (hembra premigradora)	142,103	Zestoa (E-2)
Ang70	855	1.492	0,239	FIV (hembra migradora)	142,113	Zestoa (E-2)

Tabla 4. Longitud furcal (mm), peso (g), condición (K), estado, y frecuencia (MHz) de las anguilas capturadas y marcadas para radioseguimiento aguas arriba de la C.H. Altuna Txiki, río Urola.

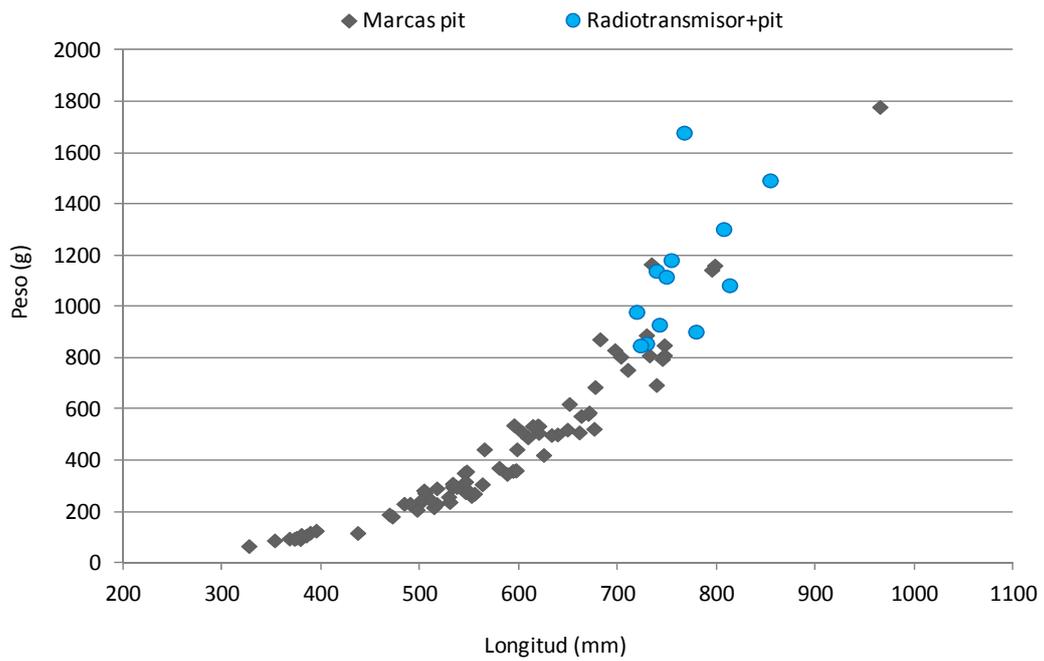


Figura 7. Relación talla-peso de las anguilas marcadas mediante marcas pit y marcas pit+radiotransmisores aguas arriba de la C.H. Altuna Txiki, río Urola.

7.2.- MIGRACION

Los datos útiles para el análisis y conocimiento de la migración de anguilas en el río Urola tienen dos orígenes, el radioseguimiento manual de las 12 anguilas marcadas con radio y las detecciones automáticas de anguilas marcadas con PIT a la entrada o toma del canal de derivación de la C.H. Altuna Txiki.

De las 12 hembras radiomarcadas son 10 las que emprenden la migración descendente al mar durante el periodo de estudio, mientras que los dos ejemplares que no lo hacen son localizados por última vez en el tramo de Zestoa (E-2) en fecha 22/01/2013 al finalizar el estudio. De las 89 anguilas marcadas con PIT, tan sólo una de ellas es detectada a la entrada del canal de derivación de la central y se trata de un ejemplar que fue también radiomarcado (Ang12). Por tanto, para el análisis del periodo y activación de la migración de las anguilas y como consecuencia del reducido número de entradas al canal de la central, los datos corresponden casi en exclusiva a ejemplares radiomarcados, excepto una detección de un ejemplar marcado con pit en el canal durante el primer estudio de seguimiento realizado en el pasado año 2011.

7.2.1.- Periodo de migración y parámetros ambientales

La migración de las 10 anguilas radiomarcadas abarca todo el periodo de estudio, desde el mes de octubre de 2012 hasta el mes de enero de 2013, de las cuales 7 (el 70 %) migran durante el mes de noviembre (Tabla 5, Figura 8; Figura 9). Asimismo, se observa un principal pico migratorio en el mes de noviembre, entre los días 27-29 de noviembre, en relación con el mayor pico de caudal y turbidez del periodo octubre-diciembre, cuando migran 5 ejemplares, la mitad del total.



Figura 8. Distribución mensual del número de anguilas que migran al mar en el río Urola, año 2012.

Se observan 5 episodios o picos migratorios durante el periodo de estudio, los cuales parecen estar relacionados con varios parámetros ambientales (Figura 9). De esta forma, todos los episodios migratorios coinciden con aumentos en el caudal del río Urola, así como con aumentos de la turbidez del agua. Asimismo, la temperatura y conductividad del agua

disminuyen durante estos episodios. Los picos migratorios no parecen mostrar mayor preferencia con la luna nueva, factor asociado a la migración debido al carácter fotóforo de la especie, sin embargo de momento y aunque los datos disponibles son aún escasos, se observa una relación significativa entre el número de anguilas que migra aguas abajo y la turbidez ($p < 0,05$; Tabla 6).

Los datos más próximos recopilados en un estudio de similares características corresponden al río Nive o Errobi (Durif et al. 2003; Durif 2004; Gosset et al. 2005), donde la migración de anguilas está relacionada con el caudal, la turbidez, la temperatura del agua y la conductividad, no así con la fase lunar. Los datos recopilados en el río Urola parecen aproximarse a los del río Errobi, sobre todo en lo que a caudal y turbidez hace referencia. En este caso, la migración de anguilas aumentaba notablemente también al disminuir la temperatura del agua de 15 a 10 °C en un periodo de 6 jornadas. En el río Urola el pico principal de migración de los días 27-29 de noviembre coincide con una bajada de temperatura de 2 °C, de 13,0 °C de temperatura el día 25 de noviembre a 10,9 °C el día 27 de noviembre. Cabe destacar que la migración de las 10 anguilas plateadas en el río Urola coincide en fase ascendente de caudal y turbidez, es decir, según aumentan ambos parámetros, aunque se ha observado algún caso de migración parcial sin llegar hasta el mar en fase descendente de caudal (Ang34; página 28).

Anguila	Última localización	Migración	Q (m ³ /s)	Turbidez (UNT)	T ^a agua (C°)	Conductividad (µS/cm)	Fase caudal
Ang06	26/10/2012	27/10/2012	18,49	85,3	14,9	384	Ascendente
Ang15	07/11/2012	10-12/11/2012	10,19	28,9	11,9	365	Ascendente
Ang12	14/11/2012	27/11/2012	10,54	43,3	10,9	383	Ascendente
Ang27	27/11/2012	27/11/2012	10,54	43,3	10,9	383	Ascendente
Ang59	27/11/2012	27/11/2012	10,54	43,3	10,9	383	Ascendente
Ang70	27/11/2012	27/11/2012	10,54	43,3	10,9	383	Ascendente
Ang04	28/11/2012	28-29/11/2012	49,36	164,6	11,0	297	Ascendente
Ang24	28/11/2012	28-29/11/2012	49,36	164,6	11,0	297	Ascendente
Ang34	04/12/2012	4-5/12/2012	29,73	57,8	10,9	347	Ascendente
Ang11	28/12/2012	01-02/01/2013	6,28	12,6	10,3	457	Ascendente
Ang41	22/01/2013	No migra	10,54	85,3	14,9	384	Ascendente
Ang53	22/01/2013	No migra	10,54	28,9	11,9	365	Ascendente

Tabla 5. Fechas de última localización y migración descendente de 12 anguilas radiomarcadas y parámetros ambientales del río Urola durante dicho periodo (Datos: estación de aforo de Aizarnazabal).

	Anguilas	Caudal	T ^a	Turbidez	Conductividad
Anguilas	1				
Caudal	0,095	1			
T ^a	-0,045	-0,260	1		
Turbidez	0,218	0,805	-0,161	1	
Conductividad	-0,100	-0,662	0,405	-0,529	1

Tabla 6. Matriz de correlación de Pearson del número de anguilas en migración y valores de parámetros ambientales del río Urola. Coeficientes de correlación en negrita son estadísticamente significativos ($P < 0,05$).

Estudio de la migración descendente de anguila plateada y afección de una central hidroeléctrica (C.H. Altuna Txiki) en el río Urola

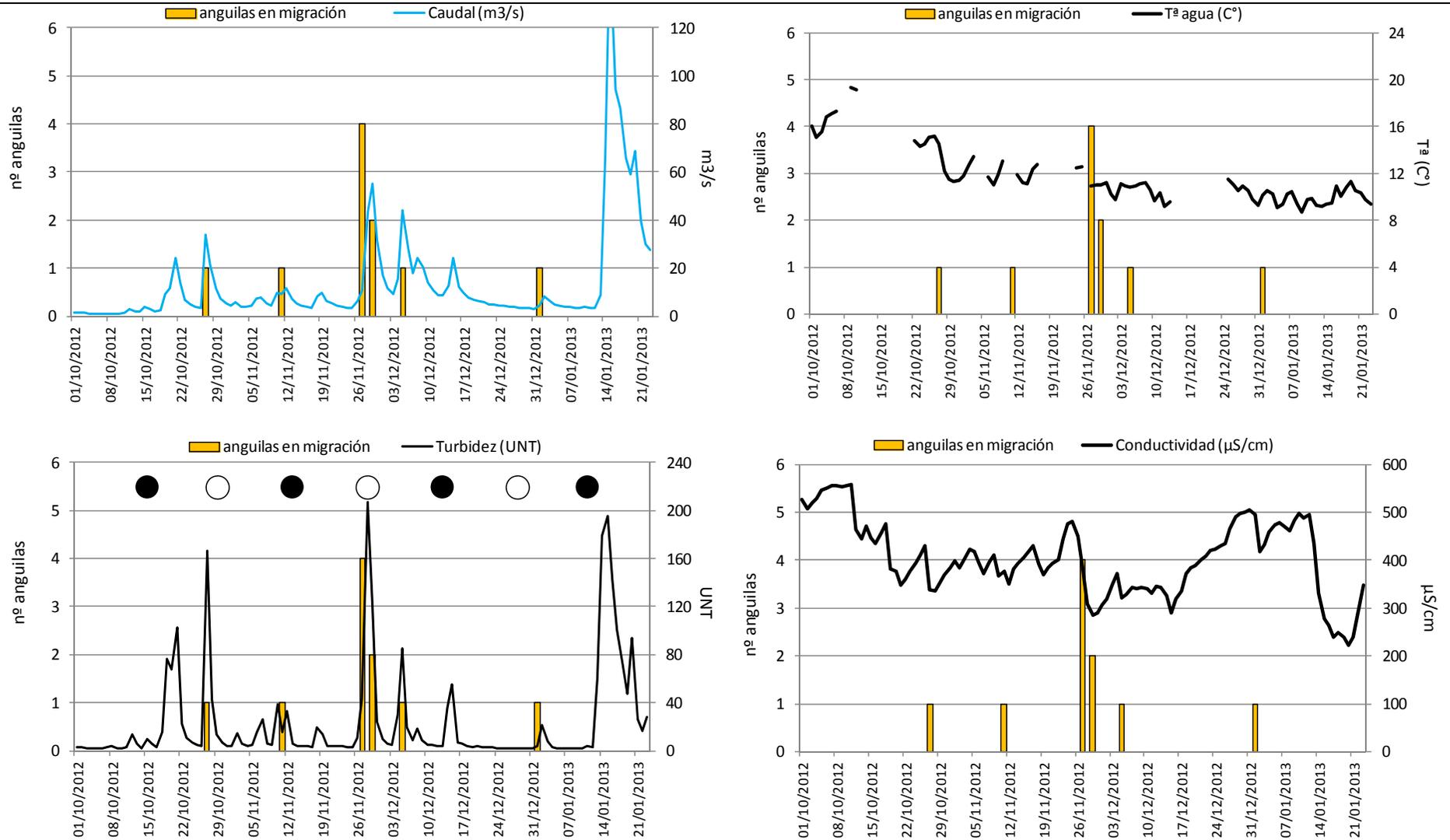


Figura 9. Migración descendente al mar de anguilas radiomarcadas y parámetros ambientales (caudal, temperatura del agua, turbidez/luna y conductividad) en el río Urola entre octubre de 2012 y enero de 2013.

7.2.2.- Periodo de migración y caudales

Los estudios más recientes de radioseguimiento con anguilas plateadas indican que la actividad migratoria se encuentra asociada a varios factores ambientales, pero en particular al caudal y que las anguilas son mucho más activas durante las crecidas (Durif et al. 2003; Voegtle B. & Larinier M., 2008). Por tanto, en este apartado se analizan los caudales durante los episodios de migración de las anguilas así como los recopilados durante el periodo 1996-2013 por la estación de aforo de Aizarnazabal.

Si se comparan los caudales medios diarios del mes de octubre al mes de enero para el periodo 1996-2013, el periodo 2012-2013 o periodo de este estudio y los caudales de migración obtenidos al paso de 11 anguilas, éstos últimos son significativamente superiores en comparación con los anteriores (Anova, $df=2$, $p < 0.001$; Tukey HSD test, $p < 0.001$). El caudal medio de migración es de $20,3 \text{ m}^3/\text{s}$, frente a $15,3 \text{ m}^3/\text{s}$ del periodo de estudio y $9,7 \text{ m}^3/\text{s}$ de la serie 1996-2013. Cabe destacar que aunque sin diferencias significativas (Tabla 7; Figura 10), el caudal del río Urola durante el periodo de estudio ha sido superior al del mismo periodo para la serie 1996-2013.

Periodo	nº jornadas	Q (m ³ /s)	
		media ±D.T.	rango
Oct.-ene. 1996-2013	2.091	9,733±14,5*	0,691-286,4
Oct.-ene. 2012-13	123	15,264±22,8*	1,005-154,6
Migración	11	20,346±15,7*	6,279-49,4

Tabla 7. Caudal del río Urola entre octubre y enero del periodo 1996-2013, del periodo de estudio 2012-13 y durante la migración de anguilas. Comparación múltiple (test de Tukey) con diferencia significativa $p < 0,05$ (*) y sin diferencia significativa $p > 0,05$ (-).

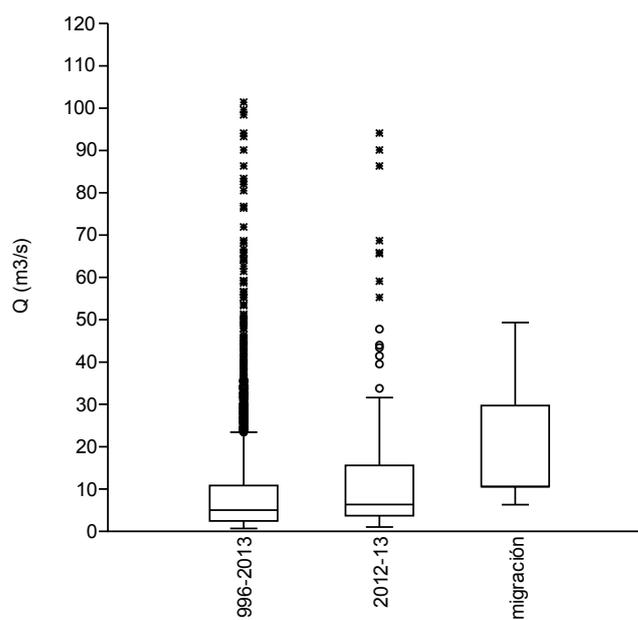


Figura 10. Caudales medios diarios entre octubre y enero del periodo 1996-2013, del periodo de estudio 2012-13 y caudales de migración en el río Urola.

A partir de los caudales medios diarios con origen en la estación de aforo de Aizarnazabal durante el periodo 1996-2013, se han calculado los caudales clasificados para el periodo que va de octubre a enero o periodo de migración de la especie. En la Tabla 8 se incluyen los 11 pasos o migraciones registradas hasta la fecha en el río Urola y los correspondientes caudales clasificados. En la tabla 9 se incluyen algunos caudales clasificados de referencia estimados para dicho periodo.

De un total de 11 migraciones de anguila, el 91 % (n=10) corresponden a un caudal superior a $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{73}), es decir, la probabilidad de superar este caudal durante el periodo de migración (octubre-enero) es del 27 %. Un total de 5 pasos, casi la mitad del total, corresponden al intervalo Q_{70} - Q_{75} , 2 pasos al Q_{86} ($18,2 \text{ m}^3/\text{s}$), otro al Q_{94} ($29,7 \text{ m}^3/\text{s}$) y otros 2 pasos al Q_{98} ($49,4 \text{ m}^3/\text{s}$).

año	Q migración (m^3/s)	Qclasif oct.-ene 1996-2013	Qclasif oct.-ene 1996-2013	Q (m^3/s)
2012	18,492	Q86	Q50	5,01
2012	10,185	Q73	Q75	10,84
2012	10,543	Q74	Q90	23,92
2012	10,543	Q74	Q95	33,74
2012	10,543	Q74	Q99	65,91
2012	49,359	Q98	Qmax.	286,36
2012	49,359	Q98	Qmedio	9,73
2012	29,728	Q94		
2012	6,279	Q58		
2012	10,543	Q74		
2011	18,231	Q86		

Tabla 9. Caudales clasificados, octubre-enero del periodo 1996-2013

Tabla 8. Caudales de migración y caudales clasificados para los meses de octubre a enero del periodo 1996-2013.

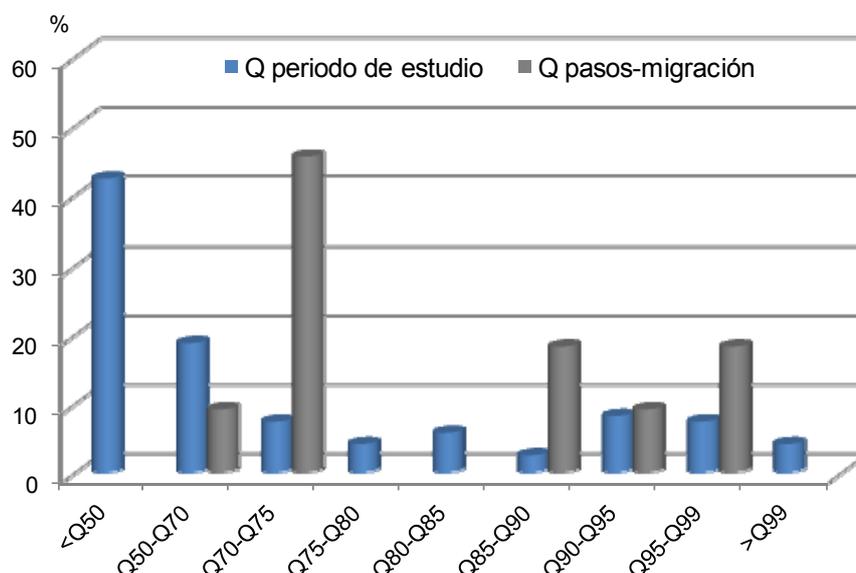


Figura 11. Distribución de caudales clasificados para el periodo de estudio (octubre 2012-13) y las migraciones o pasos de anguilas en el río Urola.

7.2.3.- Migración y plateamiento

De un total de 12 anguilas radiomarcadas son 10 los ejemplares que emprenden la migración de descenso al mar. Para las restantes 77 anguilas marcadas únicamente con marca tipo PIT, se desconoce la fracción que migra ya que excepto un ejemplar que se introduce al canal de la central, marcado también con radiotransmisor (Ang12), el resto parece descender pasando por encima del azud u obstáculo. Por otra parte, en la fracción marcada únicamente con PIT se incluyen anguilas de ambos sexos y distinto estadio de desarrollo o plateamiento, por lo que los resultados correspondientes a la fracción radiomarcada no son extrapolables a la fracción marcada únicamente con PIT.

De las 12 anguilas radiomarcadas, 4 son clasificadas como hembras premigradoras (FIII) y las restantes 8 como hembras migradoras (FIV). Migran aguas abajo 3 de las 4 hembras FIII (el 75 %) y 7 de las 8 hembras FIV (el 88%), es decir 10 de las 12 hembras FIII-FIV (el 83 %). Esta proporción no es extrapolable a la fracción marcada con PIT, tampoco para los mismos estadios de desarrollo FIII y FIV, ya que los ejemplares seleccionados para radioseguimiento son los más desarrollados o de mayor grado de plateamiento. De esta forma, las anguilas radiomarcadas tienen una longitud furcal, peso y condición (K) medios significativamente superiores a las anguilas FIII-FIV marcadas únicamente con PIT (Tabla 10, Figuras 7 y 12).

Por tanto se desconoce cuántas anguilas de las 89 marcadas emprenden la migración descendente, se sabe que como mínimo son 10 los que migran (radiomarcados).

Anguilas	N	Longitud (mm)		Peso (g)		Coeficiente condición (K)	
		media ±D.T.	rango	media ±D.T.	rango	media ±D.T.	rango
Radiomarcadas	12	766±42	(720-855)	1.125±259	(848-1,678)	0,250±0,05	(0,190-0,370)
Marcadas con PIT	47	649±88	(512-966)	597±295	(245-1.778)	0,205±0,03	(0,157-0,293)
T-Student	t	4,50		5,38		4,07	
	p	p<0,001		p<0,001		p<0,001	

Tabla 10. Comparación de la longitud furcal (mm), peso y coeficiente de condición (K) entre anguilas premigradoras y migradoras (FIII y FIV) marcadas con radiotransmisor y marcas pit en el río Urola en 2012.

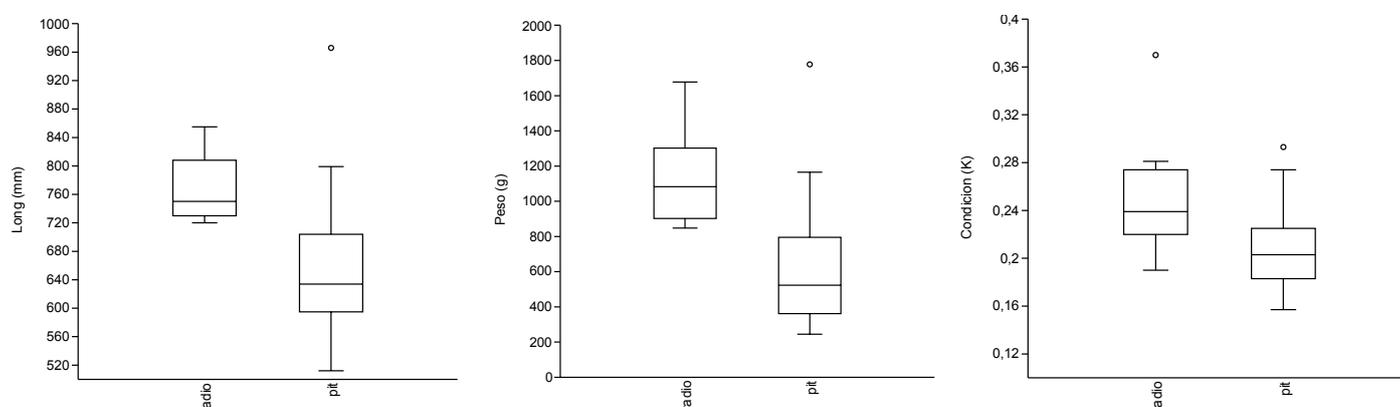


Figura 12. Comparación de la longitud furcal (mm), peso (g) y condición (K) de anguilas hembras FIII-FIV marcadas con pit y radiotransmisor.

7.2.4.- Seguimiento y comportamiento

El seguimiento de las anguilas radiomarcadas permite estudiar su comportamiento así como las características del periodo de migración y de los episodios o picos instantáneos de migración. Por lo general, las anguilas apenas se desplazan en el área de estudio y la mayoría son localizadas en el mismo punto fluvial hasta que desaparecen en relación con aumentos en el caudal circulante, turbidez, etc (Figura 13). Sin embargo se ha observado también la migración descendente en varias fases, realizando en ocasiones desplazamientos de poca magnitud y con caudales menores.

De las 12 anguilas radiomarcadas son dos los ejemplares que no migran aguas abajo y permanecen en el mismo punto fluvial hasta la última localización en fecha 22/01/2013, los ejemplares Ang41 y Ang53, capturados y marcados ambos a la altura de Zestoa (E-2).

De las restantes 10 anguilas, 8 parecen migrar hacia el mar en una única fase de migración o de forma más o menos instantánea (Ang04, Ang06, Ang11, Ang15, Ang24, Ang27, Ang59 y Ang70), estos ejemplares son localizados en el mismo punto fluvial durante el periodo de estudio hasta que desaparecen en relación con cambios ambientales (aumentos de caudal, turbidez, etc.) y no vuelven a ser localizados en un tramo de unos 12 km de longitud, 7 km desde la C.H. Altuna Txiki hasta la localidad de Zestoa aguas arriba (E-2) y 5 km desde la central hasta el límite mareal aguas abajo.

Son dos los ejemplares (Ang12 y Ang34) que parecen descender en al menos 2 fases. El ejemplar Ang34 es localizado a la altura de Zestoa hasta el día 30 de noviembre de 2012, en las siguientes 3 jornadas no es localizado en este punto y parece haberse desplazado aguas abajo en fase descendente de caudal tras un pico de 55,3 m³/s el día 29 de noviembre. El día 4 de diciembre, es localizada muy cerca de la zona intermareal a 6,7 km de la desembocadura al mar y 12 km aguas abajo del punto de Zestoa y en relación con un nuevo pico de caudal de 44,0 m³/s en la jornada siguiente (4 de diciembre) desaparece y migra muy probablemente ya al mar. Este ejemplar no es detectado en el canal de la C.H. Altuna Txiki, por lo que migra saltando por encima del azud de esta central entre el 30 de noviembre y 3 de diciembre.

El ejemplar Ang12 es localizado en el punto de Iraeta (E-1) hasta el día 7 de noviembre, desciende unos 500 m aguas abajo con un aumento de caudal inferior a 10 m³/s, no se mueve con el siguiente pico de 11,4 m³/s del día 12 de noviembre y parece descender hasta situarse en algún punto aguas arriba de la C.H. Altuna Txiki en relación con un pico de caudal de 9,8 m³/s el día 19 de noviembre. En fase ascendente del siguiente pico de caudal, migra aguas abajo y es detectada en el canal de la central de la C.H. Altuna Txiki el día 27 de noviembre a las 19h:28min, correspondiente a un caudal medio diario de 10,54 m³/s, mientras que el pico corresponde al día 30 de noviembre con 31,6 m³/s.

Estudio de la migración descendente de anguila plateada y afección de una central hidroeléctrica (C.H. Altuna Txiki) en el río Urola

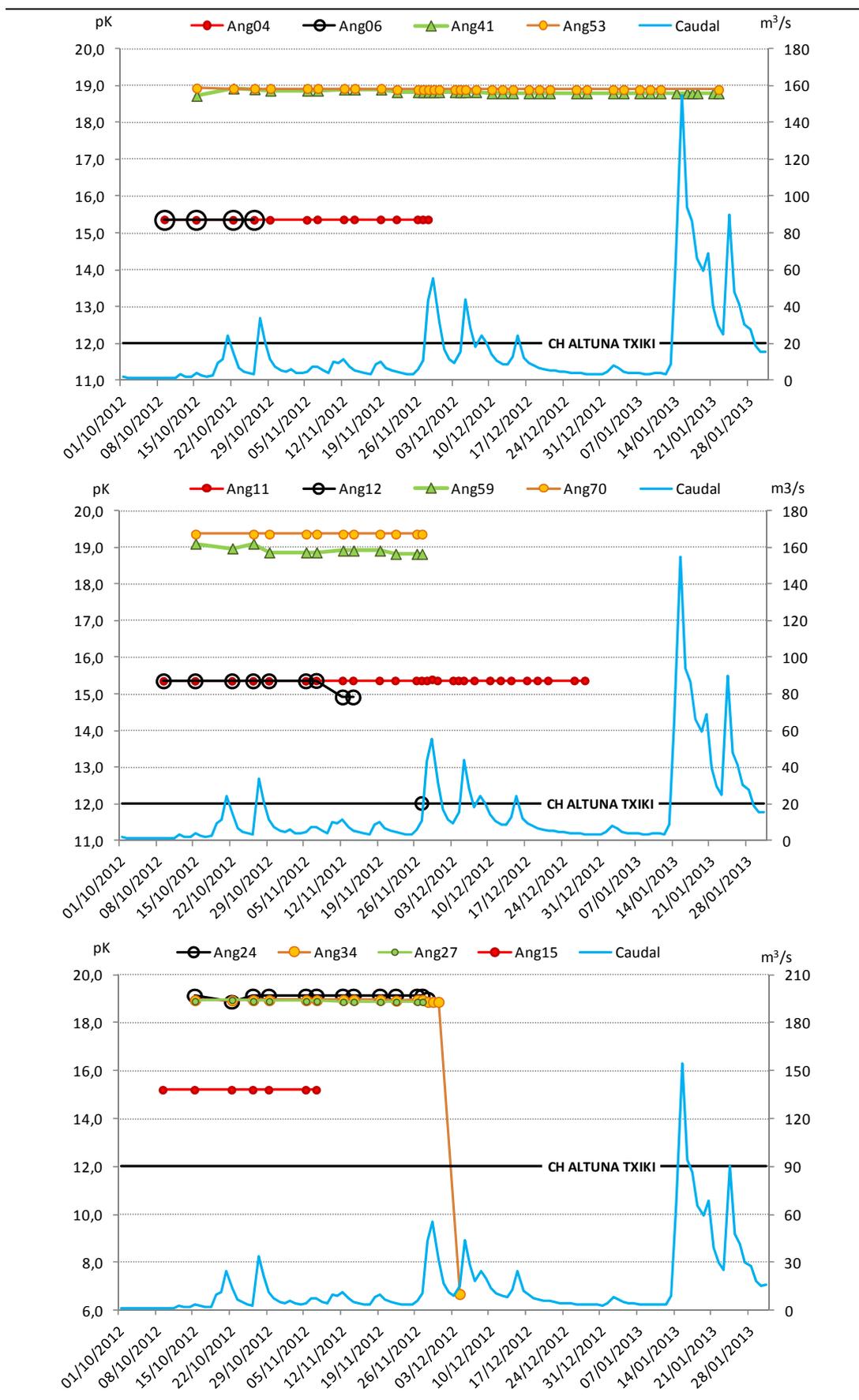


Figura 13. Evolución de las 12 anguilas radiomarcadas en el río Urola, cada punto o icono corresponde a una localización y la línea entre 2 puntos consecutivos sería el desplazamiento o distancia recorrida entre ambas localizaciones.

La migración por fases se ha observado también en ríos cercanos como la Nive o Errobi (Durif 2004), donde las anguilas aprovechan determinadas condiciones ambientales para migrar (principalmente caudal alto y turbidez), lo que se denominan “ventanas climáticas”, por lo que dependiendo de la frecuencia y duración de estas “ventanas” u oportunidades para la migración, la distancia respecto al mar y la presencia de obstáculos, las anguilas pueden culminar su descenso en mayor o menor tiempo y algunas pueden incluso detener su migración y esperar hasta el año siguiente, aunque esto es más propio de corredores fluviales de mayor magnitud que los cantábricos. En lo que respecta al seguimiento realizado en el río Urola, se han comprobado 5 episodios o ventanas de migración realmente aprovechadas por las 10 anguilas marcadas.

Las localizaciones de las anguilas radiomarcadas se realizan durante el día y nunca se ha constatado desplazamiento alguno en este periodo, por lo que las anguilas migran al atardecer o de madrugada. Hasta la fecha sólo se cuenta con 2 registros o detecciones a la entrada del canal de la central de Altuna Txiki, una con origen en esta campaña y otra con origen en la anterior campaña, y corresponden a las 19h:28min:13sg del día 27/11/2012 y las 02h:26min:29sg del día 17/12/2011. Estos resultados coinciden con los obtenidos en otros estudios de seguimiento, donde la mayor parte de la migración es nocturna, mientras que las migraciones diurnas coinciden con elevada turbidez y aumentos de caudal, es decir, cuando la luminosidad es baja en el agua (Tesh, 1977; Brown et al., 2009. Durif, 2003; Travade et al. 2010).

7.3.- IMPACTO de la C.H. ALTUNA TXIKI

El impacto de la central hidroeléctrica de Altuna Txiki en la población de anguila migradora durante el periodo de estudio depende de dos principales factores, primero del porcentaje de anguilas en migración que accede al aprovechamiento a través del canal de toma o derivación y en segundo lugar del número de estos ejemplares que pasa a través de turbinas, lo que causaría una tasa de mortalidad variable en función del tipo de turbina, longitud de las anguilas, caudal turbinado, etc. La magnitud de la entrada de anguilas al canal de derivación depende por una parte de la configuración del azud y de la toma respecto al flujo o dirección de la corriente y por otra parte de la proporción de caudal que circula por el canal de derivación y por el río en el momento preciso de migración o paso descendente de anguilas.

Con el objetivo de estimar la proporción de caudal que circula por el río y por el canal en el momento de paso de las anguilas marcadas, se estimó el caudal detráido por el canal durante determinadas jornadas, mientras que se estimó también el caudal circulante en este punto del río Urola a partir de los datos con origen en la estación de aforo de Aizarnazabal para el río Urola y el aporte de la subcuenca del Altzolaratz, cuya desembocadura se encuentra 500 m aguas arriba de la toma de la C.H. Altuna Txiki.

fecha	Q río Urola (m ³ /s)	Q canal (m ³ /s)	Funcionamiento
05/12/2012	48,15	0,69	No turbina, sin circulación de agua
28/11/2012	47,55	1,02	No turbina, sin circulación de agua
29/11/2012	60,53	2,53	No turbina, sin circulación de agua
14/01/2013	71,87	2,80	Turbinando
17/12/2012	10,56	3,15	Turbinando
26/11/2012	6,77	3,19	Turbinando
22/11/2012	4,79	3,27	Turbinando
27/11/2012	11,54	3,39	Turbinando
09/01/2013	3,66	3,58	Turbinando
02/01/2013	9,03	3,97	Turbinando
11/01/2013	3,97	3,77	Turbinando
04/01/2013	5,33	4,27	Turbinando
21/12/2012	6,16	4,37	Turbinando
19/12/2012	7,63	4,38	Turbinando
28/12/2012	3,89	3,72	Turbinando
04/12/2012	16,94	4,51	Turbinando
07/01/2013	4,13	4,06	Turbinando
30/11/2012	34,60	4,56	Turbinando
26/12/2012	4,36	4,27	Turbinando
03/12/2012	10,06	4,59	Turbinando

Tabla 11. Caudal estimado para el río Urola y para el canal de derivación de la C.H. Altuna Txiki en el punto de toma o azud de este aprovechamiento.

Se realizaron un total de 20 mediciones en el canal de derivación de la central (Tabla 11), de las cuales 17 corresponden a un funcionamiento normal de la central, mientras que 3 de ellas corresponden a momentos en los que la central no turbinada y el canal aunque lleno de

agua apenas tiene circulación y no ejerce llamada alguna, lo cual es relativamente habitual en esta central con caudales superiores a 30-40 m³/s. Si se excluyen las 3 jornadas en las que la central no turбина, los caudales que deriva el canal se encuentran entre los 2,80 m³/s y 4,59 m³/s, con un valor medio de 3,87 m³/s.

7.3.1.- Caudales río Urola-canal y pasos de anguila

A partir del radioseguimiento manual de anguilas y las detecciones de marcas pit a la entrada del canal de derivación, se conoce el momento de paso de las anguilas por el aprovechamiento (Tabla 12). En algunos casos se cuenta con una estimación del caudal derivado por el canal realizado en coincidencia con la migración o paso de anguilas marcadas, mientras que para los casos en los que no se realizó medición alguna se asume que el canal deriva el caudal medio estimado en las 17 mediciones realizadas en este estudio (3,99 m³/s; Tabla 11).

Con los datos disponibles se calcula el ratio entre el caudal derivado por el canal (Q_{canal}) y el caudal restante que fluye aguas abajo por encima del azud de la central (Q_{azud}), es decir, el caudal estimado para el río Urola en este punto menos el caudal que deriva el canal. Los ratios que se obtienen al paso de 10 anguilas durante el presente estudio y el del año 2011, son muy variados (Tabla 12; Figura 14, Figura 15). A priori, sería lógico pensar que las anguilas acceden en mayor proporción al canal al disminuir el valor de este ratio, es decir cuando el caudal que circula por el canal y el que circula por el azud es similar (valores cercanos a 1). Y al contrario, que la proporción que migra por el canal es inferior al aumentar este ratio, lo que correspondería a los picos o aumentos de caudal durante el periodo de estudio (ratios superiores o muy superiores a 1).

De momento y ante la reducida entrada de anguilas marcadas con pit al canal, se cuenta con un total de 11 pasos de anguila por este punto fluvial, de los cuales el correspondiente a la Ang34 no tiene asignado una jornada o periodo de paso preciso, por lo que no se tiene en cuenta para este cálculo. El valor mínimo de este ratio es de 0,75 y corresponde al paso del ejemplar Ang11 por encima del azud, mientras que los valores máximos son de 20,4 y 29,4, que corresponden a los ejemplares Ang04 y Ang24, los cuales descienden también por encima del azud. Los 2 pasos de anguila registrados por el canal de derivación no corresponden a ratios inferiores, de hecho el segundo ratio más bajo (1,88-Ang15) corresponde también a un paso por encima del azud, sino que corresponden a los ratios 2,41 y 4,15, es decir, estas anguilas acceden al canal cuando el caudal que circula por encima del azud es 2,4 y 4 veces superior al que circula por el canal respectivamente.

Cabe destacar sin embargo que en 3 casos (Ang15, Ang04, Ang24) la central se encuentra parada o no turбина y el canal no tiene suficiente tiro o la llamada que ejerce es inferior al resto de jornadas.

Estudio de la migración descendente de anguila plateada y afección de una central hidroeléctrica (C.H. Altuna Txiki) en el río Urola

Código	Qrío Urola (m ³ /s)	Qcanal (m ³ /s)	Qazud (m ³ /s)	ratio Qazud/canal	Lugar de paso	Funcionamiento Central
Ang06	20,24	3,87	16,37	4,23	Azud/río	Turbina
Ang15	11,15	3,87	7,28	1,88	Azud/río	No turbina-sin llamada
Ang27	11,54	3,39	8,15	2,41	Azud/río	Turbina
Ang59	11,54	3,39	8,15	2,41	Azud/río	Turbina
Ang70	11,54	3,39	8,15	2,41	Azud/río	Turbina
Ang04	54,04	2,53	51,51	20,37	Azud/río	No turbina-sin llamada
Ang24	54,04	1,78	52,26	29,43	Azud/río	No turbina-sin llamada
Ang11	6,87	3,92	2,95	0,75	Azud/río	Turbina
Ang12	11,54	3,39	8,15	2,41	Canal/turbinas	Turbina
2011	19,96	3,87	16,09	4,15	Canal/turbinas	Turbina

Tabla 12. Caudal estimado para el canal de la C.H. Altuna Txiki (Qcanal), río Urola y fracción que circula por encima del azud (Qazud) y ratio Qazud/canal al paso de 10 anguilas en los dos años de estudio 2011 y 2012.

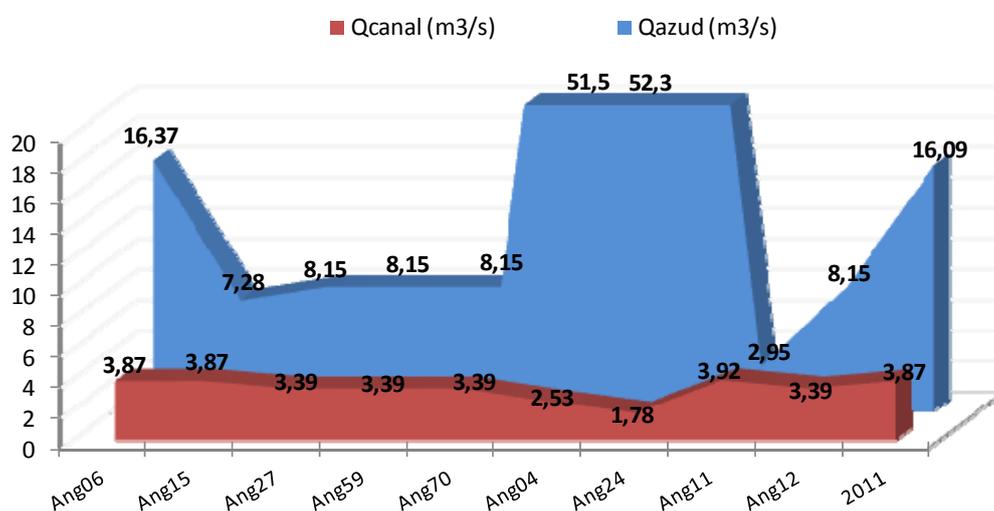


Figura 14. Caudal estimado para el canal de la C.H. Altuna Txiki (Qcanal) y caudal que circula por encima del azud (Qazud) al paso de 10 anguilas en los dos años de estudio 2011 y 2012.

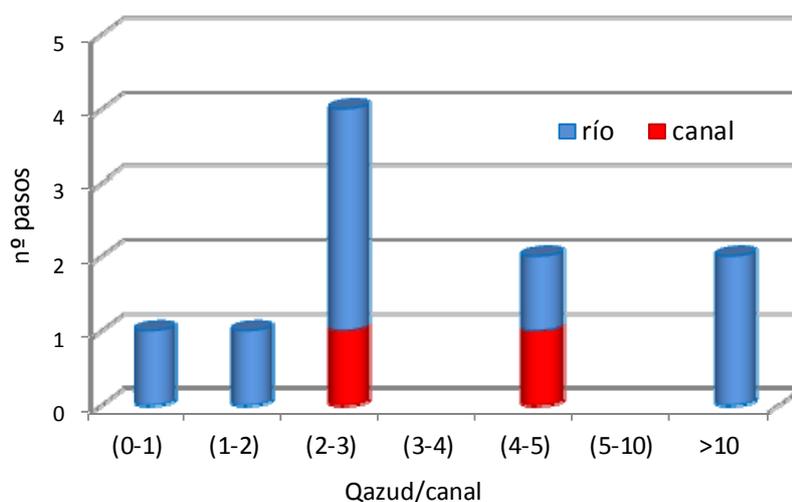


Figura 15. Ratio Qazud/canal al paso de 10 anguilas por encima del azud o por el canal (turbinas) en los dos años de estudio 2011 y 2012.

7.3.2.- Afección y mortalidad

Los datos recopilados hasta la fecha son reducidos, por lo que de momento no se puede estimar un porcentaje o probabilidad de entrada de anguilas en migración al canal fiable, y en consecuencia no se puede tampoco estimar una tasa de mortalidad fiable para la C.H. Altuna Txiki.

De un total de 89 anguilas marcadas con pit en el presente estudio, 12 de ellas con radiotransmisores, se detecta la entrada de un único ejemplar al canal de derivación de la central, el cual se encuentra marcado también con radiotransmisor (Ang12). Este ejemplar parece pasar por turbinas en fecha 27/11/2012, no vuelve a ser localizado en las inmediaciones de la central ni aguas abajo, por lo que se desconoce su estado. Para la fracción marcada con radiotransmisores, son 10 los ejemplares que migran aguas abajo y uno de ellos accede al canal, lo que supondría una entrada del 10 %, aunque estos datos no permiten estimar aún porcentajes ni probabilidades de entrada mínimamente fiables. Si se tiene en cuenta que algunas anguilas marcadas únicamente con marca tipo pit habrán migrado también, el porcentaje de entrada al canal será inferior al 10 %, sin embargo se desconoce cuántas de estas anguilas emprenden la migración descendente (ver apartado 7.2.3.), por lo que no se puede realizar una estimación fiable al respecto.

La única anguila que accede al canal en el presente estudio, así como la única que accedió en el año 2011 parecen pasar por turbinas, ya que en ese momento los aliviaderos-bypasses se encuentran cerrados y no se registra ninguna detección en la toma del canal, que hubiera significado un desplazamiento de retorno al cauce en sentido contrario al de entrada, comportamiento observado en estudios similares (Bruijs et al. 2003; Gosset et al. 2005; Winter et al. 2006; Jansen et al. 2007).

7.3.3.- Sistemas/dispositivos para evitar el paso por turbinas

Con el objetivo de evaluar la eficacia de dos sistemas o dispositivos en el canal de la C.H. Altuna Txiki para evitar el paso de anguilas por turbinas, se instaló una barrera sónica (barrera sónica o comportamental) a la altura de uno de los aliviaderos del canal, mientras que se cuenta con una rejilla limpiahojas de barras verticales (barrera física) y luz variable al final del canal antes del acceso a turbinas, que cuenta también con un aliviadero de fondo que vierte al cauce (Figura 2, página 12).

Se cuenta tan sólo con la entrada de 2 ejemplares al canal, ambos parecen pasar por turbinas, aunque cabe destacar que los aliviaderos/compuertas de fondo se encontraban cerrados en ese preciso instante. Estos datos no permiten evaluar la eficacia de ambos tipos de barrera, aunque éstos no parecen producir un efecto de repulsión suficiente que provoque un posible retorno de estos ejemplares hacia la entrada o toma del canal. Sin embargo, para que ambos tipos de barrera puedan cumplir con su función, la velocidad del agua debe ser inferior a 0,5 m/s, ya que con velocidades superiores las anguilas en migración difícilmente pueden maniobrar y nadar contra corriente y pueden quedar o incluso morir aplastados contra la rejilla limpiahojas, mientras que la luz de la rejilla deber ser como máximo de 1,5-2 cm para evitar el paso tanto de machos y hembras a turbinas (Courret et Larinier 2008).

En el caso de la C.H. Altuna Txiki, no se cumple ninguna de las condiciones anteriores, las mediciones de velocidad del agua realizadas durante el periodo de estudio son superiores a 0,5 m/s (Tabla 13; Figura 16), mientras que la rejilla tiene una luz superior a 1,5-2 cm y es irregular debido a que algunas barras se encuentran torsionadas.

Se realizan un total de 20 mediciones de velocidad del agua en el canal de derivación de la central en igual número de jornadas durante el periodo de estudio, entre el 22 de noviembre de 2012 y 14 de enero de 2013. La velocidad del agua en el canal se mide a 3 alturas de la columna de agua y se descartan 4 mediciones realizadas cuando la central no turbinaba y el agua se encuentra casi parada o a muy baja velocidad en los casos de que desagüa por los aliviaderos o compuertas de fondo.

Para un total de 16 mediciones que se realizan cuando la central se encuentra en marcha y turbinando, la velocidad del agua es superior a 0,5 m/s en las 3 alturas de la columna de agua en todos los casos (Tabla 13; Figura 16). Sin embargo la velocidad media del agua es significativamente inferior en la zona baja de la columna de agua, a unos 30-40 cm del fondo, en comparación con la velocidad a media altura y cerca de la superficie (Anova, $df = 3$, $p < 0.05$; Tukey HSD test, $p < 0.05$).

Se cuenta con el dato de velocidad del agua para la jornada en la que se detecta una de las 2 anguilas en el canal (Ang12), el día 27 de noviembre de 2012, que corresponde a una velocidad media de 0,77 m/s, con una velocidad bastante homogénea en toda la columna con un valor mínimo de 0,70 m/s en la medición de fondo o abajo y de 0,80 m/s en las dos mediciones restantes hacia la mitad de la columna y cerca de la superficie.

	Velocidad del agua (m/s)			
	V3 (arriba)	V2 (mitad)	V1 (abajo)	V media
Nº mediciones	16	16	16	16
Min	0,70	0,60	0,60	0,67
Max	1,40	1,30	1,20	1,23
Media±D.T	1,06±0,26	1,01±0,26	0,84±0,22	0,97±0,23

Tabla 13. Velocidad del agua media, máxima, mínima y D.T. en 3 alturas de la columna de agua y valor medio para el canal de la C.H. Altuna Txiki durante el periodo de estudio.

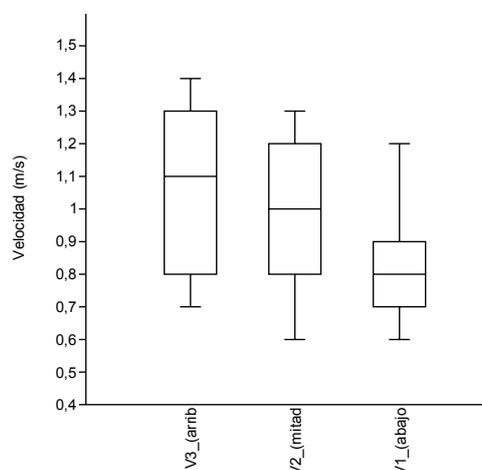


Figura 16. Velocidad del agua en 3 alturas de la columna de agua en el canal de la C.H. Altuna Txiki en 16 mediciones efectuadas durante el periodo de estudio.

8.- CONCLUSIONES

El estudio realizado en el río Urola en relación con la migración descendente de anguilas plateadas y la afección de la central hidroeléctrica de Altuna Txiki S.L. es totalmente experimental. Se realizó un primer estudio o puesta en marcha en el año 2011 en el mismo lugar y mediante similar metodología, y aunque se tiene constancia y cierto conocimiento en torno a las características, periodos y principales condicionantes relacionados con la migración en latitudes similares y corredores cercanos como el del río la Nive o Errobi en la cuenca del Adour (Durif et al. 2003; Gosset et al. 2005), es la primera vez que se realiza un estudio de este tipo en cuencas del cantábrico y de la CAPV, lo que supone un elevado grado de incertidumbre en relación con los resultados que se puedan obtener en base a la interacción e influencia de factores ambientales (régimen hidrológico, temperatura del agua, etc.), características del aprovechamiento (configuración de la toma, caudales detraídos y turbinados, etc.) y comportamiento migratorio de las anguilas marcadas (frecuencia y magnitud de los desplazamientos descendentes, etc.)

La puesta en marcha de este estudio en el año 2011 no aportó mucha información como consecuencia de las inundaciones sufridas en el mes de noviembre y de la utilización únicamente de un sistema de detección pasivo (marcas pit). En el año 2012 se incrementa el número de anguilas marcadas con pit (sistema de detección pasivo) y se marcan 12 hembras con radiotransmisores para su seguimiento y localización manual durante todo el periodo de estudio y migración en el río Urola, lo que supone un aumento significativo en la cantidad y calidad de la información recopilada. En el año 2012 se detecta la entrada de un único ejemplar marcado con pit en el canal de derivación de la C.H. Altuna Txiki, el cual se encontraba marcado también con radiotransmisor, por lo que la práctica totalidad de la información recopilada en el presente estudio tiene origen en el radioseguimiento de 12 anguilas radiomarcadas.

En primer lugar, el seguimiento realizado aporta una primera delimitación del periodo de **migración** en el río Urola, el cual coincide con estudios realizados en otras cuencas europeas de latitudes similares, con un pico principal en el mes de noviembre y abarcando los meses de octubre a enero, con lo que el periodo de estudio diseñado se considera adecuado. Asimismo se han identificado por vez primera los principales picos de migración durante una campaña, los cuales parecen estar relacionados con un aumento significativo del caudal y turbidez, del mismo modo que en ríos cercanos como la Nive /Errobi (Durif et al. 2003; Durif 2004; Gosset et al. 2005). Respecto a los caudales de migración y el análisis de caudales clasificados realizado, decir que 10 de 11 anguilas (el 91 %) migran con caudales superiores a $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{73}), es decir, la probabilidad de superar este caudal durante el periodo de migración (octubre-enero) es del 27 %, mientras que en torno a la mitad de los ejemplares migra en el intervalo Q_{70} - Q_{75} . Se registran migraciones también en picos de caudal correspondientes a Q_{86} , Q_{94} y Q_{98} . Por otra parte, la actividad migratoria parece ser nocturna según el seguimiento realizado y las detecciones realizadas en el canal de derivación de la central, lo que coincide también con los resultados obtenidos en otros estudios de seguimiento, donde la mayor parte de la migración es nocturna, mientras que las migraciones diurnas coinciden con elevada turbidez y aumentos de caudal, es decir, cuando la luminosidad es baja en el agua (Tesh, 1977; Brown et al., 2009. Durif, 2003; Travade et al. 2010). Estos primeros datos obtenidos sin embargo se basan en la actividad de unos pocos

ejemplares, por lo que aunque coincidan con referencias de otros lugares en relación con los picos de migración, parámetros ambientales, etc. deben ser considerados con cautela y no permiten delimitar todavía de forma precisa las denominadas “ventanas climáticas”, es decir, determinadas condiciones ambientales (principalmente caudal alto y turbidez) que varían tanto en su duración como frecuencia entre años, con lo que los episodios y picos de migración de anguilas varían también entre años dependiendo de las condiciones hidrológicas imperantes. Se ha podido observar este fenómeno en parte durante el seguimiento de los años 2011 y 2012, ya que mientras que el año 2011 se observan tan sólo 2 probables picos o episodios de migración (página 16), en el año 2012 se han comprobado 5 episodios o ventanas de migración realmente aprovechadas por 10 de las 12 anguilas radiomarcadas. Asimismo, la migración al mar no es en todos los casos instantánea a pesar que la distancia máxima al mar en el área de estudio es de tan sólo 19 km desde Zestoa. Algunos ejemplares completan la migración como mínimo en 2 fases, aprovechando oportunidades o “ventanas migratorias” distintas tanto en el tiempo como en relación con sus características ambientales, fenómeno constatado también en tramos relativamente cortos como el seguimiento realizado en el río Nive/Errobi en una longitud de 23 km (Durif et al. 2003).

En segundo lugar y respecto a la **afección de la C.H. Altuna Txiki** en la población migradora de anguila plateada, a priori el porcentaje de anguilas que accede al aprovechamiento a través del canal de derivación parece ser relativamente bajo. Los datos disponibles son reducidos, tienen origen en la migración de 10 de un total de 12 anguilas radiomarcadas y en la detección de un ejemplar marcado con pit en el año 2011. Por otra parte, el número de anguilas marcadas únicamente con pit en el año 2012 es elevado aunque se desconoce ni se puede estimar la fracción que realmente migra (página 27), por lo que de momento y con los datos disponibles hasta la fecha, el porcentaje de anguilas en migración que accede al aprovechamiento a través del canal de derivación es inferior al 10 %. La magnitud de la entrada de anguilas al aprovechamiento depende, además de la configuración del azud y de la toma, de la relación entre el caudal que circula por el canal y el que circula por encima del azud. Los ratios caudal-azud/caudal-canal correspondientes a los picos migratorios son bastante elevados, ya que las anguilas migran cuando el caudal del río es elevado y la proporción que va por encima del azud muy superior al del canal, lo que supondría que la probabilidad de acceder al canal es relativamente baja. Sin embargo cabe destacar que las 2 detecciones de anguilas en el canal suceden cuando el caudal que circula por encima del azud es 2,4 y 4 veces superior al que circula por el canal respectivamente. Por tanto, resulta necesario aumentar la información a este respecto ya que una mayor cantidad de datos permitiría estimar la probabilidad de acceder al canal en un momento dado en base a la relación entre el caudal circulante por el encima del azud y por el canal. Por otra parte, de momento y con la información disponible hasta la fecha no se realiza una aproximación de la mortalidad que causaría esta central en la población de anguila plateada, que se basaría en el porcentaje de anguilas que acceden al canal y una aproximación teórica en base al tipo de turbina, caudal turbinado, salto, longitud de las anguilas, etc.

En tercer lugar y en relación con la **eficacia de los dispositivos para evitar la entrada de anguilas en turbinas** (la barrera sónica instalada en el canal y la barrera física o rejilla al final del canal antes de turbinas), destacar que la entrada de anguilas al canal es muy baja y que no se dispone de datos suficientes como para realizar una valoración al respecto. Cabe destacar sin embargo que para que ambos dispositivos sean funcionales se deben cumplir

varios requisitos, entre los cuales uno de los más importantes es el de la velocidad del agua. La velocidad del agua durante los episodios de migración es elevada en el canal de la C.H. Altuna Txiki (página 35) y muy superior a la velocidad máxima recomendada para que cualquier tipo de dispositivo (barreras comportamentales: eléctricas, sónicas, lumínicas, etc; barreras físicas: rejillas) pueda causar efecto, que es de 0,5 m/s, con velocidades superiores la anguilas en migración difícilmente pueden maniobrar y nadar contra corriente y en el caso de las rejillas de barras verticales pueden quedar o incluso morir aplastadas contra éstas, por lo que en estos casos se recomiendan velocidades que no superen este umbral mientras que la luz de la rejilla deber ser como máximo de 1,5-2 cm para evitar el paso tanto de machos y hembras a turbinas (Courret et Larinier 2008). Por otra parte, y en el hipotético caso de que hubiera un adecuado efecto de repulsión y una menor velocidad del agua, se debe ofrecer una opción de retorno al cauce a modo de bypass, el cual debe cumplir determinados requisitos en relación con el caudal que circula por él, su configuración, etc. que en este caso no se cumplen ya que se habilitan los aliviaderos o compuertas de fondo existentes en el canal. El objetivo sin embargo es el de aprovechar estas infraestructuras existentes para analizar posibles opciones de retorno. Cabe destacar que en el caso de la C.H. Altuna Txiki la luz existente entre las barras verticales de la rejilla es superior a la recomendada y en el caso de las 2 anguilas que acceden al canal, éstas parecen atravesarla y pasar por turbinas.

En consecuencia, con el objetivo de obtener una valoración más precisa del impacto y mortalidad que causa la C.H. Altuna Txiki en la población migradora de anguila plateada y la adopción de medidas para disminuir o evitar esta afección, resulta necesario profundizar en el conocimiento de los siguientes apartados:

- **Migración:** aumentar el número de datos disponibles con objeto de caracterizar con mayor precisión los episodios y picos migratorios, así como los parámetros ambientales que lo desencadenan y la magnitud de las mismas (en base a caudales clasificados principalmente).
- **Afección C.H. Altuna Txiki:** aumentar el número de datos disponibles en relación con la tasa de entrada al aprovechamiento en base al ratio Qazud/canal, con el objetivo de estimar la probabilidad de entrada al aprovechamiento para determinado caudal del río Urola. Una vez alcanzado este objetivo, se estimaría la mortalidad causada por la central en base al tipo de turbina, caudal turbinado, longitud de las anguilas, etc.
- **Medidas para disminuir la mortalidad:** se analizarían las alternativas disponibles en base a los resultados obtenidos y los condicionantes existentes en este aprovechamiento en relación con sus características y equipamiento y principalmente en base a un importante factor limitante, la elevada velocidad del agua en el canal durante los episodios de migración.

Finalmente, los resultados obtenidos en el presente estudio son satisfactorios, ofrecen una primera información de especial relevancia e interés en un ámbito de estudio desconocido hasta la fecha en las cuencas de la CAPV. La metodología empleada en este estudio mediante la combinación de detección pasiva (marcas pit) y radioseguimiento manual se muestra adecuada para alcanzar los objetivos establecidos, sin embargo en vista de que el

mayor volumen de información en este caso tiene origen en el radioseguimiento de anguilas plateadas, de cara a un próximo estudio en la C.H. Altuna Txiki en el río Urola, se propone aumentar el número de anguilas marcadas con radiotransmisores. Asimismo, se propone aumentar el área de estudio y seguimiento aguas arriba hasta el curso medio del río Urola, lo que aportaría información a nivel de un mayor corredor migratorio y la afección de otros 2 aprovechamientos hidroeléctricos (CH Alberdikoa y Badiolegi) en relación con el efecto acumulativo de los mismos.

Resulta primordial trabajar en este ámbito de cara a obtener información que sirva para la gestión preventiva de uno de los principales factores de mortalidad de las anguilas plateadas, el paso por turbinas en los aprovechamientos hidroeléctricos que jalonan las principales vías migratorias de la CAPV. Los resultados y metodologías que resulten de este tipo de estudio son además de especial interés ya que sirven de aplicación para otras especies migradoras de la CAPV como el salmón atlántico y el reo o trucha de mar.

9.- BIBLIOGRAFÍA

- Baran P., Basílico L., Larinier M., Rigaud C., Travade F. (2012). Plan de sauvegarde de l'anguille. Quelles solutions pour optimiser la conception et la gestion des ouvrages. Séminaire du programme R&D Anguilles-Ouvrages 28 et 29 novembre 2011, Paris
- Baras E. & Lagardère J.P. (1995) Fish telemetry in aquaculture: review and perspectives. *Aquaculture International* 3, 77-102.
- Baras E, Jeandrin D (1998). Evaluation of surgery procedures for tagging eels *Anguilla anguilla* (L.) with biotelemetry transmitters. *Hydrobiologia* 371-372:107–111.
- Bau F., Gomes P., Frey A., Mennessier JM., Baran P., Larinier M., Travade F., De Oliveira E., 2010a. Suivi par radiopistage de la dévalaison de l'anguille argentée sur le Gave de Pau au niveau des ouvrages hydroélectriques d'Artix, Biron, Sapso, Castetarbe, Baigts et Puyoo (2008-2009). Rapport d'étape, 103 p
- Bergersen R, Klemetsen A (1988) Freshwater eel *Anguilla anguilla* L. from North Norway with emphasis on occurrence, food, age and downstream migration. *Nordic Journal of Freshwater Research* 64: 54–66.
- Brown L.S., Haro A. and Castro-Santos T., 2009. Three-dimensional movements of silver-phase American eels in the forebay of a small hydroelectric facility. In: Casselman J.M. and Cairns D.K. (eds.), *Eels at the edge: science, status and conservation concerns*, American Fisheries Society Symposium, 58, Bethesda, 277–291.
- Bruijs MCM, Polman HJG, Van Aerssen GHFM, Haddingh RH, Winter HV, Deerenberg C, Jansen HM, Schwevers U, Adam B, Dumont U and Kessels N (2003) Management of silver eel: Human impact on downstream migrating eel in the river Meuse. EU-Report Contract Q5RS-2000-31141.
- Bruijs, M.C.M. and Durif, C.M.F (2009). Silver eel migration and behaviour. In: Van den Thillart G., Dufour S., Rankin J.C. (Eds.) *Spawning migration of the European eel: Reproduction index, a useful tool for conservation management*. Fish and Fisheries Series 30, Springer Science & Business Media, pp. 65-95.
- Bruijs, M.C.M., Polman, H.J.G., van Aerssen, G.H.F.M., Haddingh, R.H., Winter, H.V., Deerenberg, C., Jansen, H.M., Schwevers, U., Adam, B., Dumont, U., Kessels, N., 2003. Management of silver eel: human impact on downstream migrating eel in the River Meuse. EU-Report Contract Q5RS-2000-31141. 105 pp.
- Courret D. et Larinier M. (2008). Guide pour la conception de prises d'eau «ichtyocompatibles » pour les petites centrales hydroélectriques. Rapport GHAAPPE RA.08.04. 60p + annexes
- Dönni W, Maier KJ and Vicentini H (2001). Bestandsentwicklung des Aals (*Anguilla anguilla*) im Hochrhein. *Mitteilungen zur Fischerei* Nr. 69. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- Durif C, Elie P, Gosset C, Rives J, and Travade F (2003) Behavioral study of downstream migrating eels by radio-telemetry at a small hydroelectric power plant. In Dixon DA (ed) *Biology, Management, and Protection of Catadromous Eels*. Bethesda, MD: American Fisheries Society, Symposium 33, pp. 343–356.

- Durif C (2004) Thesis abstract: The downstream migration of the European eel *Anguilla anguilla*: Characterisation of migrating silver eels, migration phenomenon, and obstacle avoidance. *Cybiurn* 28: 26.
- Durif, C., Dufour, S. & Elie, P. (2005): The silvering process of *Anguilla anguilla*: a new classification from the yellow resident to the silver migrating stage. – *J. Fish Biol.* 66: 1025–1043.
- Durif C.M.F. and Elie P. (2008). Prediction of downstream migration of silver eels in a large river catchment based on commercial fishery data. *Fisheries Management and Ecology* 15: 127-137.
- Durif, C., Guibert, A. and Elie, P. (2009b). Morphological discrimination of the silvering stages of the European eel. In *Eels at the edge: science, status, and conservation concerns* (Casselman, J.M. & Cairns, D.K., eds.), pp. 103-111. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society Symposium 58.
- Ekolur SLL & Diputación Foral de Gipuzkoa, Dpto. de Innovación, Desarrollo Rural y Turismo/Dpto. de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Trabajos específicos para seguimiento de anguila (*Anguilla anguilla*) en Gipuzkoa, 2011 / Aingira (*Anguilla anguilla*) jarraipenerako lanak Gipuzkoan, 2011.
- Gipuzkoako Foru Aldundia, Berrikuntza, Landa Garapena eta Turismoko Departamentua. Izokina Birsartzeko Plana Gipuzkoan/Plan de Reintroducción del salmón atlántico en Gipuzkoa, 2011.
- Feunteun E, Acou A, Lafaille P, and Legault A (2000). The European Eel: Prediction of spawner escapement from continental population parameters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57: 1627–1635.
- Gomes P., Larinier M. 20fe08. Dommages subis par les anguilles lors de leur passage au travers des turbines Kaplan. Etablissement de formules prédictives. Rapport ONEMA - Programme R&D Anguilles/Ouvrage, 38p et annexes.
- Gosset C., Travade F., Durif F., Rives J. & Elie P. (2005). Tests of two types of bypass for downstream migration of eels at a small hydroelectric power plant. *River Research and Applications*, 21, 1095–1105.
- Jansen HM, Winter HV, Bruijs MCM and Polman HJG (2007) Just go with the flow? Route selection and mortality during downstream migration of silver eels in relation to river discharge. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1437–1443.
- Voegtle B., Larinier M., 2008. Définition d'une stratégie de restauration de l'axe de migration pour l'anguille. Cours d'eau du Gave de Pau. Rapport ECOGEA/MIDIVAL/Onema- Programme R&D Anguilles/Ouvrage.
- ICES, 2002. Report of the ICES/EIFAC Working Group on Eels. ICES C.M. 2002/ACFM:03.
- ICES. 2010a. Report of the Study Group on International Post-Evaluation on Eels (SGIPEE), 10– 12 May 2010, Vincennes, France. ICES CM 2010/SSGEF, 20:42p.
- ICES. 2010b. Report of the 2010 session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels. September 2010; ICES CM 2010/ACOM, 18: 721p.

- Tesch F.W., 1977. The eel – Biology and management of anguillid eels, London, Chapman Hall, 434 p.
- Travade F., Larinier M., Gomes P., Subra S., De Oliveira E., 2010. Behaviour and passage of European silver eels (*Anguilla anguilla*) at a small hydropower plant during their downstream migration Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst., 398.
- Vøllestad LA, Jonsson B, Hvidsten NA, Næsje TF, Haraldstad O and Ruud-Hansen J (1986) Environmental factors regulating the seaward migration of European silver eels. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 43: 1909–1916.
- Winter HV, Jansen HM and Bruijs MCM (2006) Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the River Meuse. Ecology of Freshwater Fish 15: 221–22.
- 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

**C.H. ALTUNA TXIKI, SISTEMA DE DETECCION, BARRERA SONICA,
REJILLA Y BYPASSES**

Estudio de la migración descendente de anguila plateada y afección de una central hidroeléctrica (C.H. Altuna Txiki) en el río Urola



Foto 1. Azud C.H. Altuna Txiki



Foto 2. Azud y toma del canal en margen izda



Foto 3. Toma – inicio canal de derivación



Foto 4. Montaje de Antenas 1, 2 y 3 en toma



Foto 5. Detalle antenas 1, 2 y 3 en toma



Foto 6. Detalle antena rectangular de toma (4x0,80 m)

Estudio de la migración descendente de anguila plateada y afección de una central hidroeléctrica (C.H. Altuna Txiki) en el río Urola



Foto 7. Barrera sónica y bypass expulsando agua



Foto 8. Salida bypass y antena 4 de detección



Foto 9. Antena 4 de detección, bypass cerrado



Foto 10. Fin del canal, rejilla al fondo



Foto 11. Antena 5 en el suelo, al final del canal



Foto 12. Rejilla y aliviadero-bypass al final del canal

Estudio de la migración descendente de anguila plateada y afección de una central hidroeléctrica (C.H. Altuna Txiki) en el río Urola



Foto 13. Salida del bypass-aliviadero al final del canal



Foto 14. Antena 6 de detección, bypass-aliviadero cerrado



Foto 15. Antenas 1, 2 y 3 en toma, central en funcionamiento



Foto 16. CPU del sistema de detección (CIPAM)



Foto 17. Registro en la CPU de la detección de la anguila Ang12 a la entrada del canal en 2012 (antena: 01, código pit, fecha y hora:min:sg de detección).



Foto 18. Azud C.H. Altuna Txiki, $Q=12,93 \text{ m}^3/\text{s}$



Foto 19. Azud C.H. Altuna Txiki, $Q=43,98 \text{ m}^3/\text{s}$



Foto 20. Azud C.H. Altuna Txiki, $Q=3,35 \text{ m}^3/\text{s}$



Foto 21. Azud C.H. Altuna Txiki, $Q=47,79 \text{ m}^3/\text{s}$

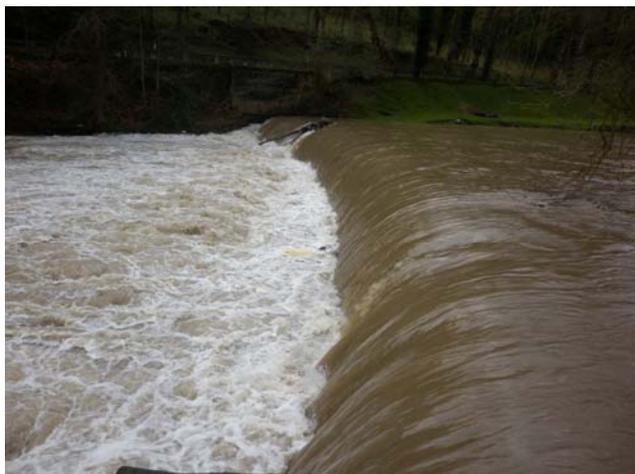


Foto 22. Azud C.H. Altuna Txiki, $Q=55,29 \text{ m}^3/\text{s}$

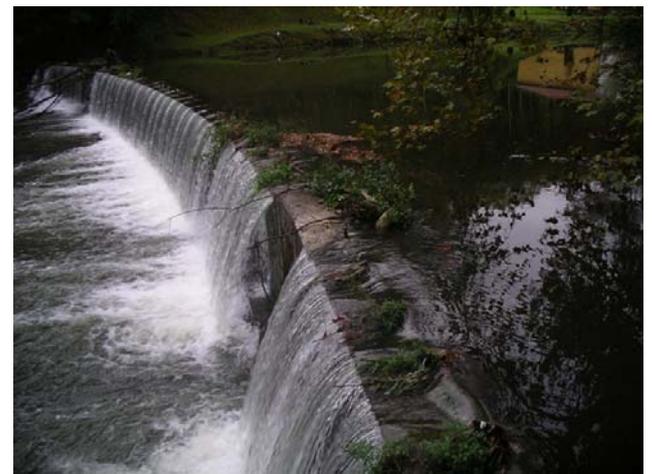


Foto 23. Azud C.H. Altuna Txiki, $Q=3,91 \text{ m}^3/\text{s}$

ANEXO II

ANGUILAS MARCADAS PARA SEGUIMIENTO, RIO UROLA 2012

Estudio de efectividad de dispositivos de paso (bypasses) de bajada en aprovechamientos hidroeléctricos de la CAPV en relación con la migración descendente de anguila. Año 2012.



Foto 24. Punto de captura y marcaje de anguilas en Iraeta (E-1), río Urola.



Foto 25. Punto de captura y marcaje de anguilas en Zestoa (E-2), río Urola.

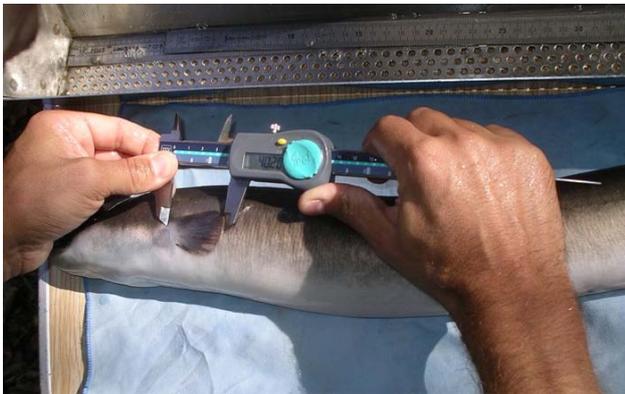


Foto 26. Toma datos biométricos anguila plateada, río Urola.



Foto 27. Anguila plateada de gran tamaño, río Urola.



Foto 28. Anguila plateada en fase de anestesia previa al marcaje.



Foto 29. Anguilas en fase de recuperación tras marcaje

Estudio de efectividad de dispositivos de paso (bypasses) de bajada en aprovechamientos hidroeléctricos de la CAPV en relación con la migración descendente de anguila. Año 2012.



Foto 30-31. Puntos de sutura tras inserción de la marca en anguila plateada.



Foto 32. Radiotransmisor F1150 (ATS Inc.)



Foto 31. Marca pit 32 mm.

Estudio de efectividad de dispositivos de paso (bypasses) de bajada en aprovechamientos hidroeléctricos de la CAPV en relación con la migración descendente de anguila. Año 2012.

Nº	Fecha	Longitud (mm)	Peso (g)	K	Diámetro ocular (mm)	Aleta pectoral (mm)	PIT	Radiotransmisor (MHz)
1	03/10/2012	620	536	0,225	9,18	32,0	A63C3EB	
2	03/10/2012	531	238	0,159	5,85	22,9	A63C3EC	
3	03/10/2012	626	421	0,172	6,88	34,8	A63C3ED	
4	03/10/2012	720	979	0,262	9,67	34,3	A63C3EF	142,002
5	03/10/2012	748	810	0,194	9,28	36,8	A63C3F0	
6	03/10/2012	740	1.139	0,281	10,44	41,8	A63C3F1	142,013
7	03/10/2012	531	238	0,159	5,87	24,8	A63C3F2	
8	03/10/2012	547	317	0,194	7,11	25,7	A63C3F3	
9	03/10/2012	678	686	0,220	7,80	36,4	A63C3F4	
10	03/10/2012	470	189	0,182	5,78	21,4	A63C3F5	
11	03/10/2012	743	929	0,226	7,48	34,4	A63C3F6	142,023
12	03/10/2012	768	1.678	0,370	9,66	39,4	A63C3F7	142,031
13	03/10/2012	704	804	0,230	7,75	33,6	A63C3F8	
14	03/10/2012	396	126	0,203	6,07	27,0	A63C3F9	
15	03/10/2012	755	1.181	0,274	8,69	34,8	A63C3FA	142,041
16	03/10/2012	500	231	0,185	6,10	23,0	A63C3FB	
17	03/10/2012	683	872	0,274	7,31		A63C3FC	
18	03/10/2012	610	490	0,216	7,17	31,4	A63C3FD	
19	03/10/2012	376	98	0,184	6,21	18,1	A63C3FE	
20	03/10/2012	328	66	0,187	5,28	17,3	A63C3FF	
21	03/10/2012	354	88	0,198	5,32	18,5	A63C400	
22	03/10/2012	390	118	0,199	5,16	16,2	A63C401	
23	04/10/2012	512	245	0,183	6,71	27,3	A63C402	
24	04/10/2012	750	1.116	0,265	10,94	39,5	A63C403	142,051
25	04/10/2012	740	694	0,171	7,74	34,8	A63C404	
26	04/10/2012	498	207	0,168	4,53	20,1	A63C405	
27	04/10/2012	780	902	0,190	8,72	38,2	A63C406	142,061
28	04/10/2012	596	537	0,254	7,99	32,5	A63C407	
29	04/10/2012	534	297	0,195	5,69	25,1	A63C408	
30	04/10/2012	604	511	0,232	8,10		A63C409	
31	04/10/2012	671	581	0,192	7,66	34,7	A63C40A	
32	04/10/2012	748	849	0,203	8,17	34,3	A63C40B	
33	04/10/2012	530	258	0,173	7,60	24,7	A63C458	
34	04/10/2012	808	1.302	0,247	9,48	36,1	A63C40C	142,071
35	04/10/2012	548	357	0,217	6,63	29,7	A63C40D	
36	04/10/2012	380	93	0,169	5,16	17,3	A63C40E	
37	04/10/2012	711	753	0,210	7,69	35,2	A63C40F	
38	04/10/2012	730	888	0,228	7,82	31,4	A63C410	
39	04/10/2012	538	296	0,190	5,98	27,4	A63C411	
40	04/10/2012	515	217	0,159	6,08	27,3	A63C412	
41	04/10/2012	724	848	0,223	7,84	31,2	A63C413	142,081
42	04/10/2012	438	117	0,139	5,63	20,7	A63C414	
43	04/10/2012	506	273	0,211	6,07	25,2	A63C415	

Estudio de efectividad de dispositivos de paso (bypasses) de bajada en aprovechamientos hidroeléctricos de la CAPV en relación con la migración descendente de anguila. Año 2012.

Nº	Fecha	Longitud (mm)	Peso (g)	K	Diámetro ocular (mm)	Aleta pectoral (mm)	PIT	Radiotransmisor (MHz)
44	04/10/2012	640	501	0,191	7,06	33,66	A63C416	
45	04/10/2012	369	95	0,189	6,44	19,45	A63C416	
46	04/10/2012	386	107	0,186	6,42	20,60	A63C417	
47	04/10/2012	381	110	0,199	5,93	18,91	A63C418	
48	04/10/2012	374	94	0,180	5,62	18,57	A63C419	
49	04/10/2012	503	248	0,195	6,05	21,85	A63C41A	
50	04/10/2012	485	231	0,202	5,34	22,14	A63C41B	
51	04/10/2012	796	1.143	0,227	9,25	39,15	A63C41C	
52	04/10/2012	650	520	0,189	7,23	30,70	A63C41D	
53	04/10/2012	814	1.083	0,201	8,85	41,29	A63C41F	142,091
54	04/10/2012	735	1.165	0,293	7,63		A63C420	
55	04/10/2012	546	351	0,216	5,92	22,03	A63C421	
56	04/10/2012	621	534	0,223	7,64		A63C422	
57	04/10/2012	662	509	0,175	7,22	30,31	A63C423	
58	04/10/2012	556	270	0,157	6,85	28,23	A63C424	
59	04/10/2012	730	856	0,220	8,01	37,76	A63C425	142,103
60	04/10/2012	595	359	0,170	6,62	27,50	A63C426	
61	04/10/2012	547	276	0,169	5,81	24,85	A63C427	
62	04/10/2012	677	523	0,169	6,63	28,93	A63C41E	
63	04/10/2012	473	181	0,171	6,52	22,36	A63C428	
64	04/10/2012	518	291	0,209	7,03	29,75	A63C429	
65	04/10/2012	621	507	0,212	8,72	29,17	A63C42A	
66	04/10/2012	553	261	0,154	6,49	23,01	A63C42B	
67	04/10/2012	505	283	0,220	5,50	21,63	A63C42C	
68	04/10/2012	589	347	0,170	7,35	28,01	A63C42D	
69	04/10/2012	551	277	0,166	6,42	23,67	A63C42E	
70	04/10/2012	855	1.492	0,239	11,54	43,61	A63C42F	142,113
71	04/10/2012	966	1.778	0,197	11,61	47,22	A63C430	
72	04/10/2012	746	795	0,191	9,05	37,83	A63C431	
73	04/10/2012	672	587	0,193	9,23	29,84	A63C432	
74	04/10/2012	733	809	0,205	10,29	37,67	A63C433	
75	04/10/2012	652	620	0,224	9,62	34,92	A63C434	
76	04/10/2012	664	573	0,196	9,12	35,10	A63C435	
77	04/10/2012	564	307	0,171	6,54	26,85	A63C436	
78	04/10/2012	534	309	0,203	7,76	28,00	A63C437	
79	04/10/2012	598	362	0,169	7,82	31,20	A63C438	
80	04/10/2012	634	499	0,196	7,69	29,76	A63C439	
81	04/10/2012	615	534	0,230	9,41	29,49	A63C43A	
82	04/10/2012	599	443	0,206	7,53	28,10	A63C43B	
83	04/10/2012	566	443	0,244	7,88	26,10	A63C43C	
84	04/10/2012	698	830	0,244	10,69	40,11	A63C43D	
85	04/10/2012	598	360	0,168	8,84	25,00	A63C43E	

Estudio de efectividad de dispositivos de paso (bypasses) de bajada en aprovechamientos hidroeléctricos de la CAPV en relación con la migración descendente de anguila. Año 2012.

Nº	Fecha	Longitud (mm)	Peso (g)	K	Diámetro ocular (mm)	Aleta pectoral (mm)	PIT	Radiotransmisor (MHz)
86	04/10/2012	581	371	0,189	6,66	28,57	A63C43F	
87	04/10/2012	799	1.160	0,227	9,53	37,72	A63C440	
88	04/10/2012	491	231	0,195	5,36	20,98	A63C441	
89	04/10/2012	518	230	0,165	6,08	23,88	A63C442	