

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“Evolución de la cuenca del río Salado como consecuencia de la construcción del embalse de Alloz”

Geografía y Ordenación del Territorio

Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología

Curso 2019-2020

Trabajo de Fin de Grado

Autor: Daniel Peralta Hernández

Tutora: Askoa Ibisate González de Matauco

Resumen

El presente Trabajo de Fin de Grado se centra en el estudio, análisis y evolución de la cuenca del río Salado, localizada en la parte occidental de la denominada Zona Media de la Comunidad Foral de Navarra.

El Salado, a lo largo de su curso recoge las aguas de su principal afluente, el río Ubagua. Éste, es represado en el embalse de Alloz y previo a su desembocadura en el río Arga, sus aguas son fuente de electricidad en el salto de la presa del embalse y kilómetros más adelante en una central de producción eléctrica. Estos aprovechamientos del Salado han sido fruto de obras hidráulicas desarrolladas durante las décadas de los años treinta y cuarenta del siglo XX.

Tras un análisis geológico, litológico y climático de la cuenca, así como un estudio caracterizado de sus caudales a partir de series de datos obtenidos de estaciones de aforo en diferentes puntos de la cuenca, se analizan los impactos del embalse y los cambios en el comportamiento hidrológico, que este ha supuesto en el río Salado, tras el represamiento. Tras esta fase de análisis y estudio del comportamiento hidrológico, mediante el apoyo de fotografías aéreas de series históricas, se presentan cartografías elaboradas mediante programas SIG, que cuantifican la evolución que ha tenido el curso del río y la proliferación y cambio de la vegetación de ribera a raíz de estos cambios, como consecuencia directa de la puesta en marcha de las diferentes infraestructuras hidráulicas.

A continuación, el estudio se centra en la evolución y los cambios que se vienen dando desde su construcción en los usos del suelo a orillas del embalse, así como las degradaciones que se están produciendo en la zona, como consecuencia de estos usos poco controlados, centrados principalmente en la atracción turística de la zona. Estos espacios son escasos en infraestructuras y muy vulnerables a la degradación por causas antrópicas.

Para concluir el trabajo, ante estos problemas existentes, se presentan una serie de propuestas de mejora para paliar y mitigar muchos de los problemas y degradaciones que se han producido y continúan produciéndose en la zona, con la finalidad de buscar un equilibrio entre la correcta conservación, la rehabilitación y el disfrute del medio.

Índice

1.- Introducción	1
2.- Metodología	3
3.- Descripción y caracterización el embalse y su cuenca de drenaje	4
3.1.- Ámbito geográfico, localización y delimitación de la cuenca	4
3.1.1.- Características geológicas y litológicas de la cuenca.....	7
3.1.2.- Características climáticas de la cuenca	10
3.1.3.- Características de los caudales y sus aportaciones.....	12
3.2.- Antecedentes, planeamiento del embalse	16
3.3.- Características morfológicas e hidrológicas, funcionamiento y aprovechamiento del Embalse de Alloz	17
4.- Consecuencias de la construcción del embalse.....	20
4.1. Cambios en el comportamiento hidrológico.....	20
4.2.- Cambios en el cauce del río	26
4.2.1.- Tramo A	29
4.1.2.- Tramo B.....	33
4.3.- Cambios en los usos del suelo en el embalse	38
4.2.1.- Ocupación del Dominio Público Hidráulico	40
4.2.2.- Degradación de las orillas del embalse	42
5.- Propuestas de mejora	48
6.- Conclusiones.....	52
7.- Bibliografía.....	53

1.- Introducción

La producción eléctrica y el almacenamiento de agua se convirtieron en una necesidad real a comienzos del siglo XX. Por ello, la construcción de infraestructuras hidráulicas para el almacenamiento y el aprovechamiento para la producción de hidroelectricidad en los saltos de agua fue constante en esta época. De este modo, durante la primera mitad del siglo, fueron muchos los embalses proyectados y construidos en todo el ámbito peninsular. Estos almacenamientos y regulaciones de agua han supuesto y suponen grandes cambios de forma directa en el comportamiento hidrológico de las cuencas que drenan, causando modificaciones en las zonas en las que se localizan.

El trabajo, se centra en el estudio y análisis de la cuenca del río Salado y las modificaciones y consecuencias surgidas a partir de la construcción de la presa. Además, analiza el territorio que abarca la cuenca del río Salado, donde se localiza el embalse de Alloz, con el objetivo de estudiar la evolución, modificación y degradación que han tenido muchas de estas zonas, como consecuencia de la puesta en marcha del embalse.

La cuenca del río Salado, en concreto el Embalse de Alloz a partir de la construcción de la presa del embalse, han sido fruto de estudio y análisis debido a problemáticas y cambios que la construcción de la infraestructura ha generado. Estos estudios, se han centrado en análisis concretos relacionados con la calidad de las aguas, evaluación de la fauna, modificaciones en la presa, estudios de puesta en valor de la zona, promoción turística, entre otros. La inexistencia de trabajos de análisis completos de la cuenca y de los cambios que ha tenido ésta a partir de la construcción de las infraestructuras hidráulicas, así como mi cercanía al embalse de Alloz debido a mi práctica deportiva y laboral en torno al deporte de la navegación a vela, me han llevado a la elección de este tema.

Los objetivos del trabajo son, por un lado, analizar y cuantificar las modificaciones que ha sufrido la cuenca del río Salado en su comportamiento hidrológico a partir de la construcción del embalse, y su consecuencia directa en la

morfología fluvial y el corredor ribereño; y, por otro lado, estudiar las modificaciones y degradaciones de los usos del suelo, que continúan dándose en las orillas del embalse.

2.- Metodología

Para el desarrollo del trabajo, se han empleado distintas técnicas y datos para abordar los objetivos propuestos.

Para el análisis hidrológico, se han empleado datos de diferentes estaciones de aforo comprendidos entre 1957 y 2015. Estos datos de aforo han sido representados mediante gráficos y se han comparado entre ellos para analizar el impacto del embalse sobre el comportamiento hidrológico normal y los procesos extremos como las crecidas.

En cuanto al estudio de la evolución del espacio fluvial de análisis comprendido entre los años 1957 y 2018, se ha realizado mediante el análisis de fotografías aéreas y la elaboración de cartografías evolutivas. Debido a la escasa calidad del vuelo de 1945, se ha empleado la fotografía aérea de 1957 para la interpretación de usos. Se ha digitalizado el espacio fluvial en ambas fechas, delimitando diferentes unidades: lámina de agua, barras de sedimento desnudo, vegetación herbácea y bosque de ribera. Las dos primeras categorías conforman el cauce activo, mientras que las dos últimas corresponden al corredor ribereño (Surian y Rinaldi, 2003; Besné e Ibasate, 2015). Con ello se ha elaborado la cartografía diacrónica y cuantificado los cambios de cada unidad entre ambas fechas.

En el apartado del estudio de la evolución de los usos del suelo de las orillas del embalse, se han utilizado fotografías aéreas históricas de diferentes años para la comparación directa de zonas concretas, así como modelos digitales de elevación para el desarrollo de cartografías de llenado y superficies inundadas por el embalse a partir de cotas de niveles del embalse facilitados por la Confederación Hidrográfica del Ebro y de datos catastrales del Servicio de Riqueza Territorial de Navarra.

Todos los estudios realizados a lo largo del trabajo se han visto apoyados de trabajo de campo para la toma de fotografías, observación de la vegetación, cauce del río, degradaciones existentes, valoración de posibilidades de propuestas de mejora, etc.

3.- Descripción y caracterización el embalse y su cuenca de drenaje

3.1.- Ámbito geográfico, localización y delimitación de la cuenca

El Embalse de Alloz se localiza entre los valles de Yerri y Guesálaz, al oeste de la Comunidad Foral de Navarra, en la Comarca de Estella Oriental dentro de la Merindad de Estella. En dicho entorno, se encuentran los concejos de Villanueva, Úgar, y Alloz, pertenecientes al Valle de Yerri y Riezu, Muez, Muzqui y Lerate pertenecientes al Valle de Guesálaz.

El embalse es alimentado por los ríos Ubagua y Salado, así como por pequeños arroyos de carácter intermitente drenando en su totalidad 155 km². A la salida del embalse, el agua desembalsada sigue el curso del río Salado. Esta subcuenca del Salado, se localiza en la parte occidental de la cuenca del río Arga, principal afluente del río Aragón y constituye un río de su margen derecha como se puede ver en la Figura 1.

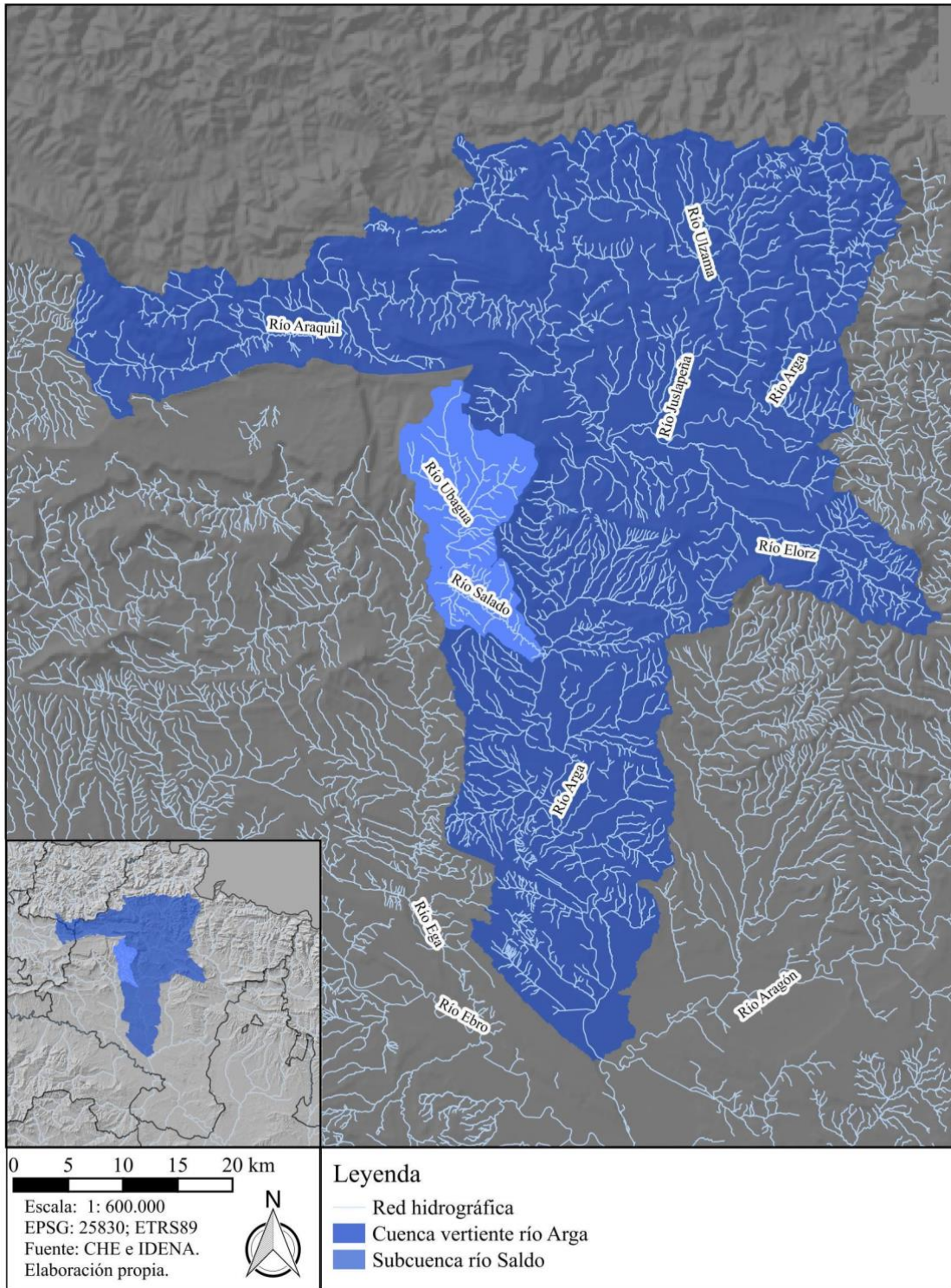


Figura 1.- Cuenca vertiente río Arga y subcuenca del río Salado.

La Figura 2, muestra la red de drenaje de la cuenca del río Salado, donde se señalan los principales ríos que alimentan el embalse de Alloz: el río Ubagua y el río Salado.

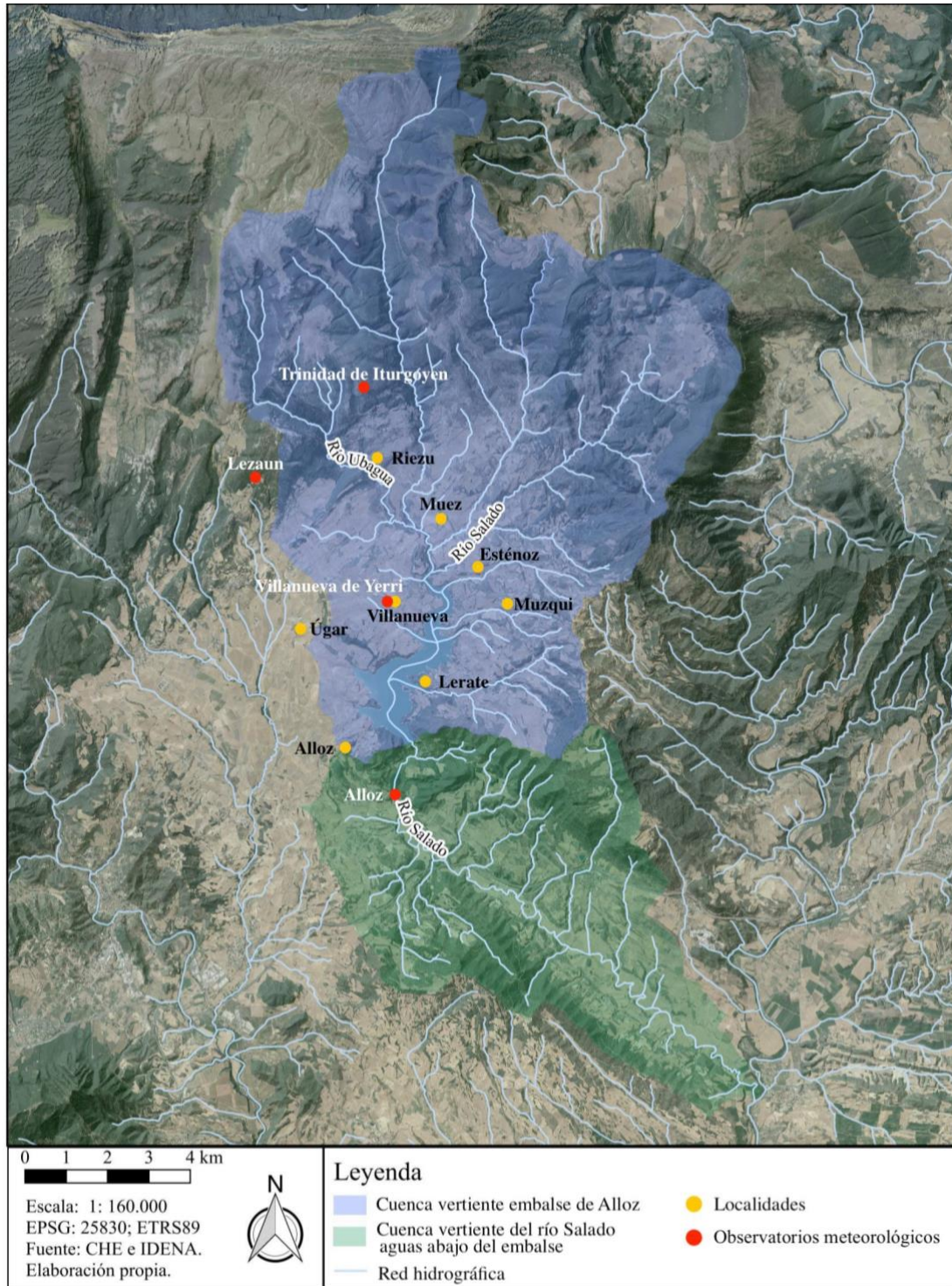


Figura 2.- Cuencas vertientes y redes de drenaje río Salado y embalse de Alloz.

3.1.1.- Características geológicas y litológicas de la cuenca

La cuenca del río Salado, localizada en la vertiente sur de la sierra de Andía a nivel estructural general, se emplaza en una zona de transición entre la parte oriental de la Cordillera Vasco-Cantábrica en su enlace con la depresión de la Cuenca del Ebro. Se caracteriza por pendientes suaves desarrolladas sobre los materiales sedimentarios del terciario continental que predominan en la zona. (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2010).

En la cabecera de la cuenca, la Sierra de Andía está constituida por materiales calizos y calcáreos del Paleoceno y el Eoceno medio. Con una estructura sencilla de pliegues fallados en dirección este-oeste desciende de forma escalonada hacia la depresión de Estella, vertiendo parte de sus aguas a la cuenca del río Salado. Los materiales calizos y dolomíticos del Paleoceno y calizos y margocalizos del Eoceno medio dan lugar a acuíferos que, en su parte sur y suroeste, presentan una baja permeabilidad debido a su carácter fallado dividiendo sus aguas en varios acuíferos, entre ellos el de Riezu que alimenta de forma directa a la cuenca del Salado.

La estructura de esta cuenca se encuentra atravesada por la falla de Estella en dirección noreste-suroeste, dividiendo así por completo las estructuras pirenaicas de las vasco-cantábricas. En este accidente, nos encontramos junto a los diapiros de Estella y de Salinas de Oro, el diapiro de Alloz, aflorando materiales plásticos de Keuper junto a bloques de calizas dolomíticas del Jurásico entre los sedimentos triásicos formados por yesos y materiales margoarcillosos.

En el resto de la cuenca, predominan materiales sedimentarios del Terciario continental con margas, arcillas, yesos, limonitas, y conglomerados de finales del Oligoceno y de la época del Mioceno que nos dejan pendientes suaves.

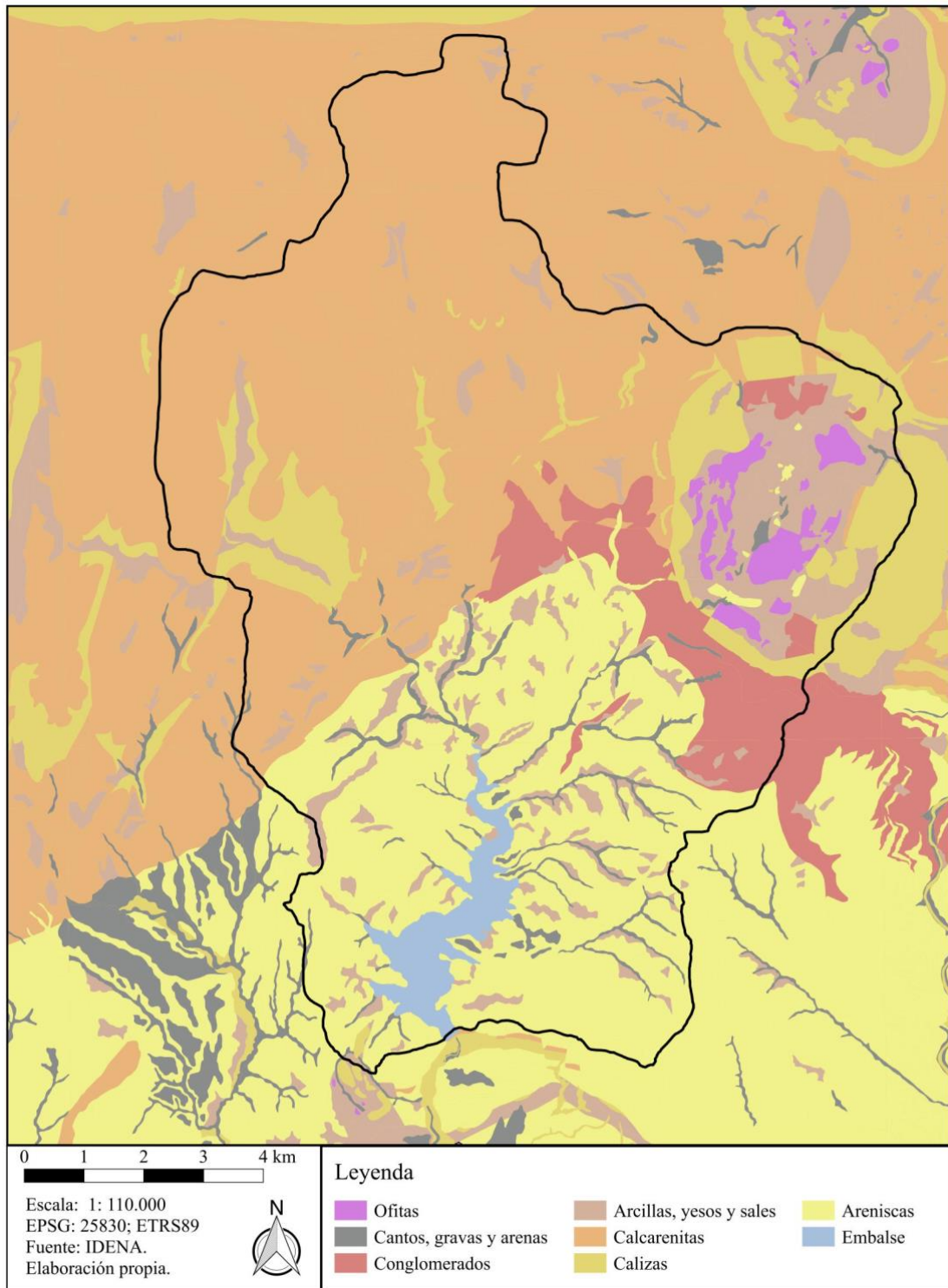


Figura 3.- Mapa litológico de la cuenca vertiente del embalse.

El vaso del embalse está formado principalmente por margas y areniscas del Oligoceno. La disposición actual de estos materiales es consecuencia de los diapiros de Alloz y Salinas de Oro, situados en la parte suroccidental y nororiental del embalse respectivamente. Estos afloramientos diapíricos, han generado un gran sinclinal, el de

Guirguillano, con un flanco norte más elevado tras un descenso monoclinal desde la sierra de Andía, adopta una disposición hacia el embalse con un buzamiento de sus capas en dirección suroeste adoptando finalmente un eje norte sur dando lugar a la depresión (Bielza de Ory, 1972).

La presa¹, se ubica sobre la Garganta de Alloz, un cañón por el que discurría el río Salado entre las Peñas de Tarrabia de material calizo del Eoceno Luteciense y yesos del Triásico en los extremos laterales que fueron reforzados por su riesgo de filtración y agrietamiento (Fernández *et al.*, 2000). Estos afloramientos verticales de materiales calizos y de yesos, son consecuencia de la extrusión del diapiro de Alloz. Todo esto, se puede apreciar en la Figura 4.



Figura 4.- Emplazamiento de la presa en la Garganta de Alloz. Fuente: Gustavo Gaspar Zuasti (Cedida).

¹ Presa de bóveda de 67 m de altura con un espesor de 17,50 m en la base y 1,50 en la coronación (MAPAMA, 2019).

3.1.2.- Características climáticas de la cuenca

La cuenca del río Salado se localiza en una zona de transición de clima subatlántico a mediterráneo, por lo que las temperaturas y las precipitaciones varían en función de la zona de la cuenca.

Las aguas que alimentan esta cuenca son recogidas a diferentes cotas descendiendo desde las drenadas de los acuíferos de la sierra de Andía por encima de los 1300 metros en la parte noroccidental, sobre los 1100 metros en los montes de Iturgoyen descendiendo hasta los escasos 400 metros tras el embalse de Alloz. Este descenso en altura va acompañado de una modificación de los rasgos climáticos y sus precipitaciones las cuales, debido a la variación entre unas zonas y otras de la cuenca vertiente han sido analizadas a partir de los datos climáticos de cuatro estaciones climáticas (ver Figura 2) representados mediante climogramas en la Figura 5.

El primero de ellos, con datos de la estación de la Trinidad de Iturgoyen, localizada a escasos kilómetros al noroeste de la cola del embalse, presenta un clima de montaña con unas precipitaciones anuales medias de 1134 mm, siendo las más altas en los meses de enero y febrero, seguidas de las de noviembre por encima de los 130 mm. Con un pico en el mes de mayo, las precipitaciones descienden llegando a un mes de sequía, agosto, con precipitaciones por debajo de los 30 mm. Las temperaturas medias son bajas con respecto a las del resto de la cuenca, 7,7 °C.

Descendiendo en altitud, tenemos los datos de la estación de Lezaun, que, aunque se localiza en el límite de la cuenca por su parte noroccidental, nos aporta datos climáticos. Presenta precipitaciones altas con una media de 1039 mm anuales, más concentradas en los meses de noviembre y diciembre y algo más bajas en enero y febrero. Se pueden apreciar dos meses secos, julio y agosto. La temperatura media es de 11,1 °C.

Los datos de la siguiente estación analizada son los de Villanueva de Yerri, centrada en la cuenca y a orillas del embalse, a 498 m de altitud presenta ya unas precipitaciones más bajas de 736 mm anuales concentrándose las más abundantes en los

meses de noviembre, enero y febrero y muy escasas en verano por debajo de los 20 mm con dos meses de sequía, julio y agosto. La temperatura media anual es de 12,3 °C.

Por último, el climograma de la estación de Alloz, nos refleja los datos del clima de la parte baja de la cuenca. Las precipitaciones descienden hasta los 650 mm anuales y el gradiente entre las precipitaciones de verano y las de invierno desciende. En este punto, las lluvias más abundantes se dan en los meses de octubre, noviembre y abril mientras que de nuevo nos encontramos con dos meses secos, julio y agosto. La temperatura media es de 14,1 °C.

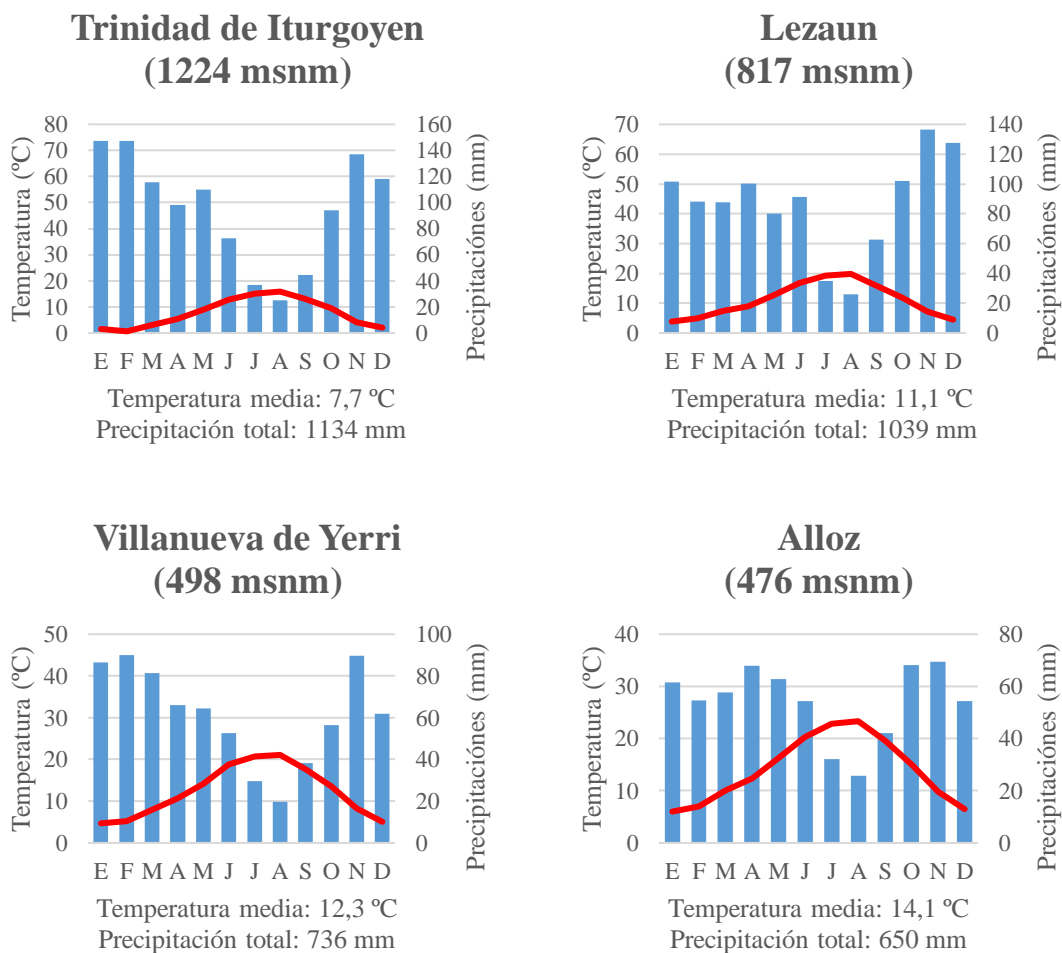


Figura 5.- Climogramas. Fuente: Meteorología y climatología de Navarra.

3.1.3.- Características de los caudales y sus aportaciones

3.1.3.a.- Río Ubagua

Nace a 1200 msnm en la surgencia del acuífero de Andía en Riezu junto a la confluencia del barranco de Inároz y el arroyo Ogancia en la localidad de Muez, drenando en total 32 km² de las vertientes este y oeste de los montes de Iturgoyen. La subcuenca del río Ubagua tiene una superficie de 130 km², una altitud media de 925 metros y el 52% de sus aguas por encima de los 1000 metros (Gran Enciclopedia de Navarra, 2019²). En sus 12,1 km de recorrido previos a su desembocadura en el río Salado, el Ubagua tiene un régimen pluvial con aportaciones nivales. Sus caudales máximos se dan entre los meses de noviembre y abril, llegando a los 6,4 m³/s medidos en la estación de aforo de Riezu, localizada en la Figura 6 donde se representan las estaciones de aforo empleadas para el estudio en la zona. El caudal máximo se da en torno al mes de febrero y durante los meses de marzo y abril con la fusión nival manteniendo caudales superiores a los 3,5 m³/s hasta el acusado descenso del mes de mayo, disminuyendo hasta llegar a caudales medios mensuales por debajo de los 0,20 m³/s entre julio y septiembre (Figura 7).

² Gran Enciclopedia de Navarra, de ahora en adelante GEN.

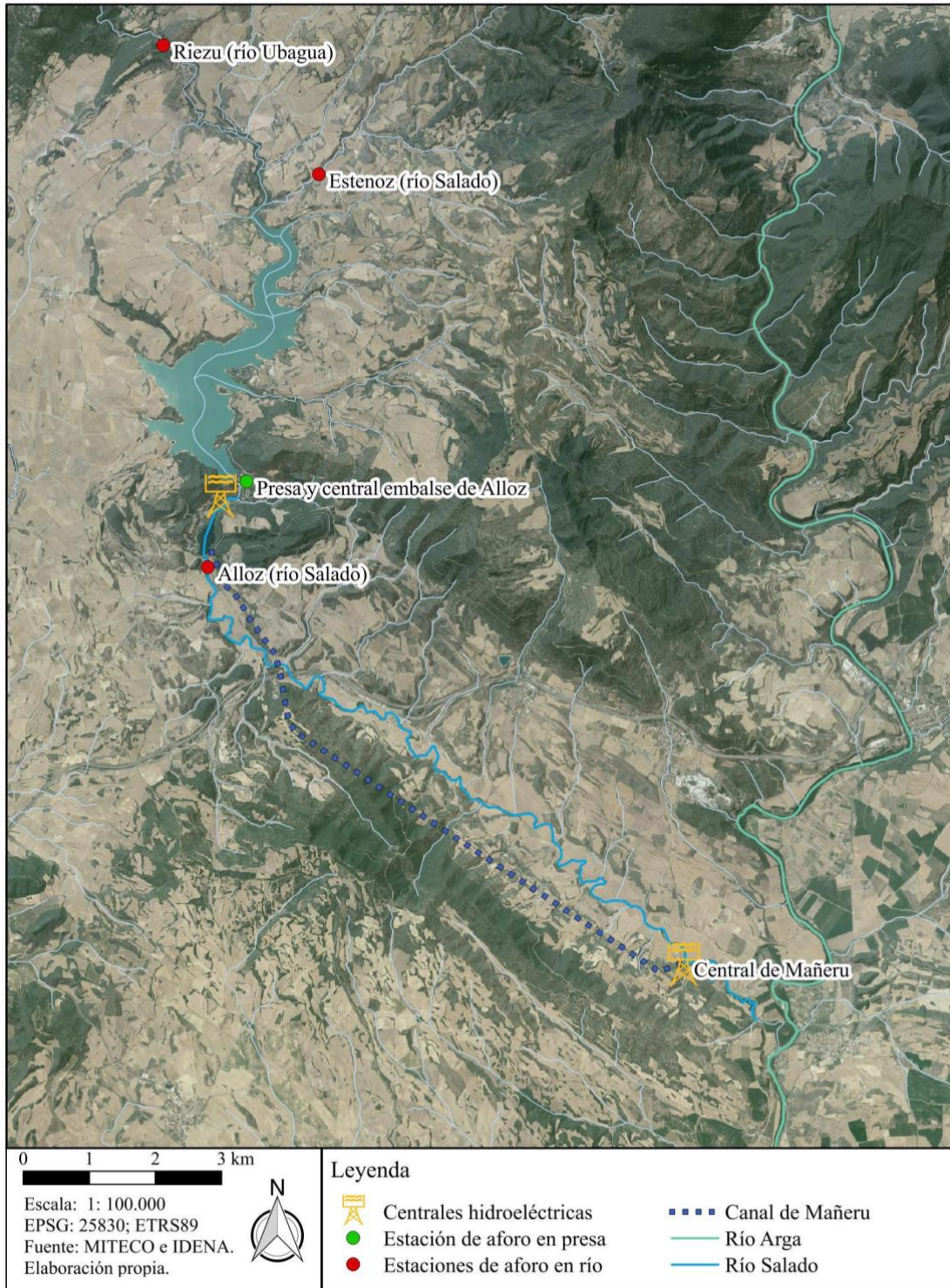


Figura 6.- Estaciones de aforo y centrales de producción eléctrica.

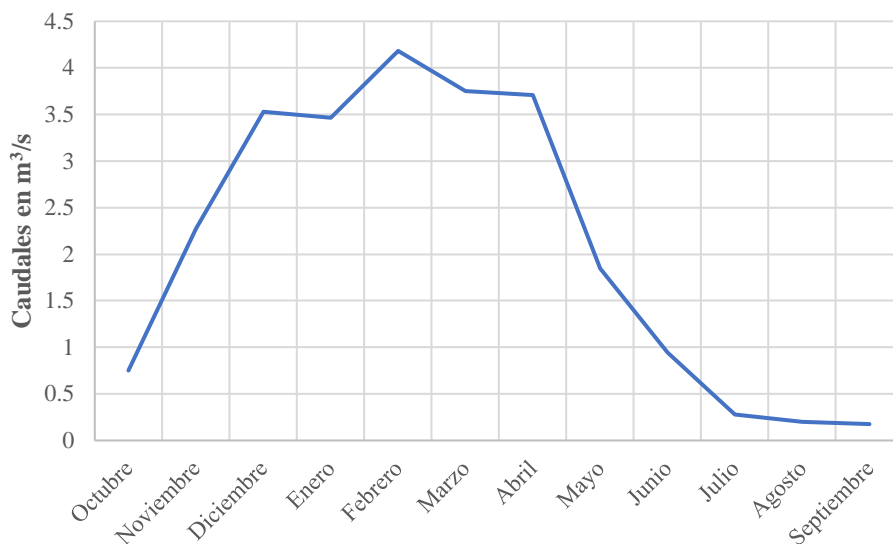


Figura 7.- Caudales medios mensuales en m³/s para el río Ubagua en Riezu (1957-2015).

Fuente: Ministerio Para la Transición Ecológica.

Estos caudales, se corresponden con los datos climáticos presentados anteriormente para la Trinidad de Iturgoyen, drenando estos montes las precipitaciones recibidas de forma directa sobre la cuenca del Ubagua.

La surgencia del acuífero de Andía en Riezu aporta un caudal muy irregular debido a su alimentación directa por filtración de las precipitaciones en la sierra de Andía. En épocas de lluvia puede suministrar caudales que sobrepasan los 30 m³/s, mientras que en épocas de estiaje puede presentar aportaciones muy bajas que no llegan a alcanzar los 0,1 m³/s. El caudal medio anual de aportación al cauce es de 2,25 m³/s (GEN, 2019).

3.1.3.b.- Río Salado

Nace a 684 msnm (CHE, 2010) y drena las aguas de la parte nororiental de la cuenca previa al embalse. Es menos caudaloso que el río Ubagua, oscilando sus caudales medios diarios en la estación de aforo de Esténoz (ver Figura 6) entre los 0,05 y los 0,46 m³/s resultando una media anual de 0,21 m³/s (Figura 8). Un caudal medio similar al mínimo del río Ubagua.

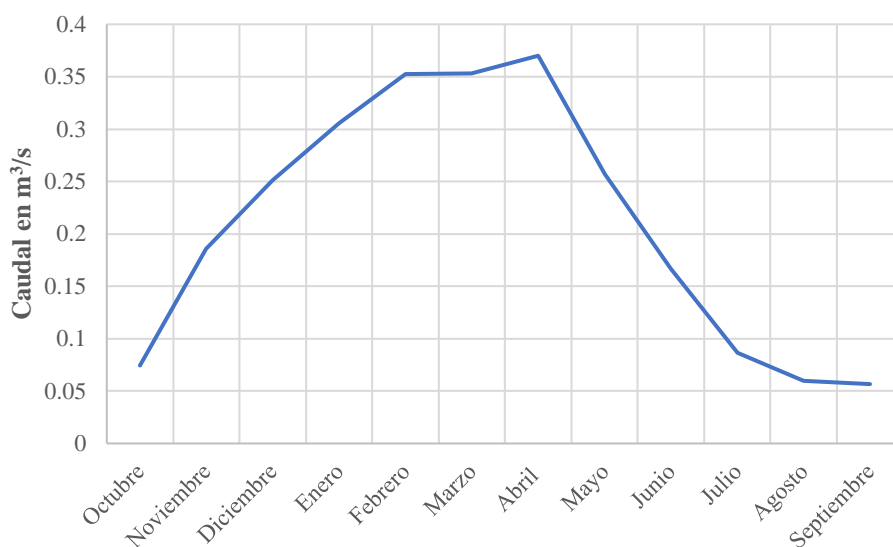


Figura 8.- Caudales medios mensuales en m³/s para el río Salado en Esténoz (1957-2015).

Fuente: Ministerio Para la Transición Ecológica.

El río Salado que nace en la vertiente oeste de la Peña de Echauri a los pies de la Sierra de Andía, presenta sus mayores caudales en los meses comprendidos entre finales de enero y finales de abril hasta los bajos caudales del verano, manteniéndose desde primeros de junio hasta octubre con caudales por debajo de los 0,075 m³/s. Sus aguas contienen sales procedentes del diapiro de Salinas de Oro y son desecadas para la extracción de sal en la localidad de Salinas de Oro.

Antes de aportar sus aguas al embalse de Alloz, al río Salado se le incorpora por su margen derecha el río Ubagua. A pesar del corto recorrido del río Ubagua, su aportación hídrica alcanza el 93% de la aportación media al embalse de ríos Salado y Ubagua.

Tras el embalse de Alloz, es el río Salado el que continua el curso natural acabando por verter sus aguas en el río Arga en la localidad de Mendigorriá tras el último turbinado de sus aguas en la central de Mañeru tal y como puede verse en la Figura 6.

3.2.- Antecedentes, planeamiento del embalse

A comienzos del siglo XX, la electricidad era cada vez más necesaria para el desarrollo económico de la zona y consecuentemente la producción eléctrica se convirtió en una necesidad. A pesar de esta necesidad real unida a la de la regulación de caudales, en el Alto Ebro las inversiones destinadas a estos fines tuvieron mucha menor relevancia que las destinadas a ejecuciones de proyectos con una finalidad agrícola (Frutos,L., 1995).

El encarecimiento del carbón a partir de los años veinte y la ineficacia de los sistemas de producción eléctrica con centrales hidroeléctricas de caudal fluyente afectadas por crecidas y estiajes a lo largo de los ríos navarros, crearon la necesidad de construir embalses asegurando así un servicio eficiente de producción eléctrica (Pinilla, 2008).

En esta época la construcción y explotación por parte de Fuerzas Eléctricas de Navarra del Embalse de Alloz fue una de las regulaciones más importantes del valle Alto del Ebro. Esta iniciativa puesta en marcha ya con la constitución de Hidroeléctrica de Alloz en 1916 y el diseño del proyecto elaborado por Carlos Lafitte en 1920 culminará con la cesión de todos los derechos a Fuerzas Eléctricas de Navarra (FENSA), resultando finalmente un embalse consorcio con la Confederación Hidrográfica del Ebro fundada en 1926 (Pinilla, 2008).

De este modo, la Confederación Hidrográfica del Ebro solucionaba de forma parcial los problemas de estiajes en la parte alta del río Ebro hasta el inicio del Canal imperial de Aragón. Así se verán cubiertas las necesidades de producción eléctrica de la zona que será completada finalmente con la central de Mañeru inaugurada en 1945. Estos represamientos favorecieron también la agricultura de regadío aguas abajo asegurando a las explotaciones capacidad de regado durante todos los meses del año llegando a cubrir 5.460 hectáreas de regadío gracias al represamiento, convirtiéndose así en la tercera infraestructura en la cuenca del Ebro que más aportación hacía al regadío en el momento (Frutos, 1995).

Sin embargo, en el momento de la puesta en marcha del proyecto para la construcción del embalse, se desconocían las aportaciones de los cauces que vertían al embalse, al no disponerse de datos foronómicos previos a la construcción del embalse (Figura 9).

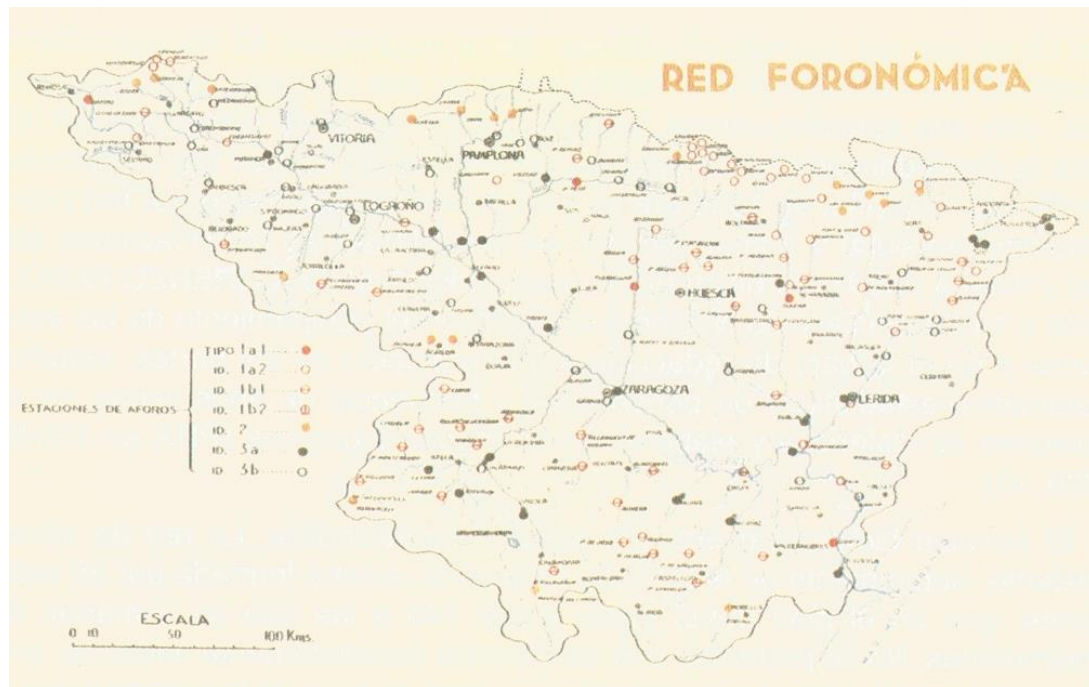


Figura 9.- Red foronómica de la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro en 1929 (Frutos, 1995).

3.3.- Características morfológicas e hidrológicas, funcionamiento y aprovechamiento del Embalse de Alloz

El embalse tiene una capacidad de 65,32 hm³ y una profundidad media de 28,5 m, alcanzando los 59,80 m de profundidad máxima (CHE, 1996). En la Tabla 1 se representan las características del Embalse.

Superficie de la cuenca	155 km ²
Capacidad total (Nivel Máximo Normal)	65,32 hm ³
Capacidad útil	65 hm ³
Aportación media anual	120 hm ³
Superficie inundada	347 ha
Cota Nivel Máximo Normal	467,10 m.s.n.m.
Cota de coronación de la presa	469,69 m.s.n.m.

Tabla 1.- Características del embalse de Alloz. Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro

A escasos metros del fondo, se localiza la salida forzada que a través de una tubería lleva las aguas del embalse hasta las turbinas de producción eléctrica localizadas en la central de la presa de Alloz (CHE). Esta toma de aguas para la producción eléctrica se localiza a una cota baja de la presa ya que debido a las características litológicas del vaso apenas hay aportación sólida en esta zona y por lo tanto no hay riesgo de colmatación ni obstrucción del conducto.

Además de esta canalización de agua, el embalse cuenta con un desagüe de fondo de un metro de diámetro. En cuanto al aliviadero (Figura 10A), está situado en la margen derecha de la presa que con tres vertederos en la parte superior y tres desagües de medio fondo posibilitando el desagüe directo al río como se puede ver en la Figura 10B.



Figura 10.- A) Aliviadero del embalse. B) Aportación de las aguas del aliviadero al curso fluvial.

Tras la presa y el turbinado, el agua se vierte a un contraembalse (Figura 11A) a partir del cual parte del agua se canaliza (Figura 11B) a la central de Mañeru³ y a partir del aliviadero de la presa de este contraembalse se alimenta el caudal natural del río Salado.



Figura 11.- A) Presa del contraembalse. B) Salida del canal de Alloz desde la presa del contraembalse.

Tras la llegada y el turbinado para la producción eléctrica en la central hidroeléctrica de Mañeru, escasos kilómetros antes de verter sus aguas en el río Arga, las aguas vuelven a ser canalizadas para ser incorporadas de nuevo al cauce del río Salado como se puede observar en la Figura 12, punto en el que las aguas tras su aprovechamiento hidroeléctrico se vierten al cauce natural del río.

³ Central hidroeléctrica puesta en marcha en el año 1944, alimentada por el Canal de Alloz de 11,3 km de longitud discurriendo a media ladera en la margen derecha del Valle del Salado, atravesando 8 túneles y un acueducto sobre la carretera de 18 m de altura (GEN, 2019).



Figura 12.- Central eléctrica de Mañeru y confluencia de las aguas canalizadas por el canal de Alloz y las del río Salado.

4.- Consecuencias de la construcción del embalse

4.1. Cambios en el comportamiento hidrológico

El represamiento del agua y la canalización desde la salida del embalse modifican el caudal del río Salado manteniendo un escaso caudal en el cauce natural a excepción de los momentos de mayor desembalsado de agua o paro en la producción eléctrica en Mañeru. Estas regulaciones hacen que los caudales medios representados en la Figura 13 sean muy bajos si se tiene en cuenta que en el punto en el que se ubica la estación de aforo de la que se han obtenido los datos, se encuentra tras el embalse, habiéndose incorporado previo a este punto junto a los caudales de los ríos Ubagua y Salado los diferentes caudales de todas las regatas y regachos que drenan sus aguas en el embalse.

En esta Figura 13, se puede apreciar cómo no hay una relación entre las entradas y las salidas en función de los caudales anuales. Se puede ver cómo un año con altos caudales no siempre lleva a un desembalsado superior de agua y viceversa. Esto refleja

que el desembalsado no está directamente relacionado con altos caudales de aportación por los ríos Salado y Ubagua en la cola del embalse sino con las necesidades del embalse, ya sean de producción eléctrica, prevención de avenidas, riego, etc.

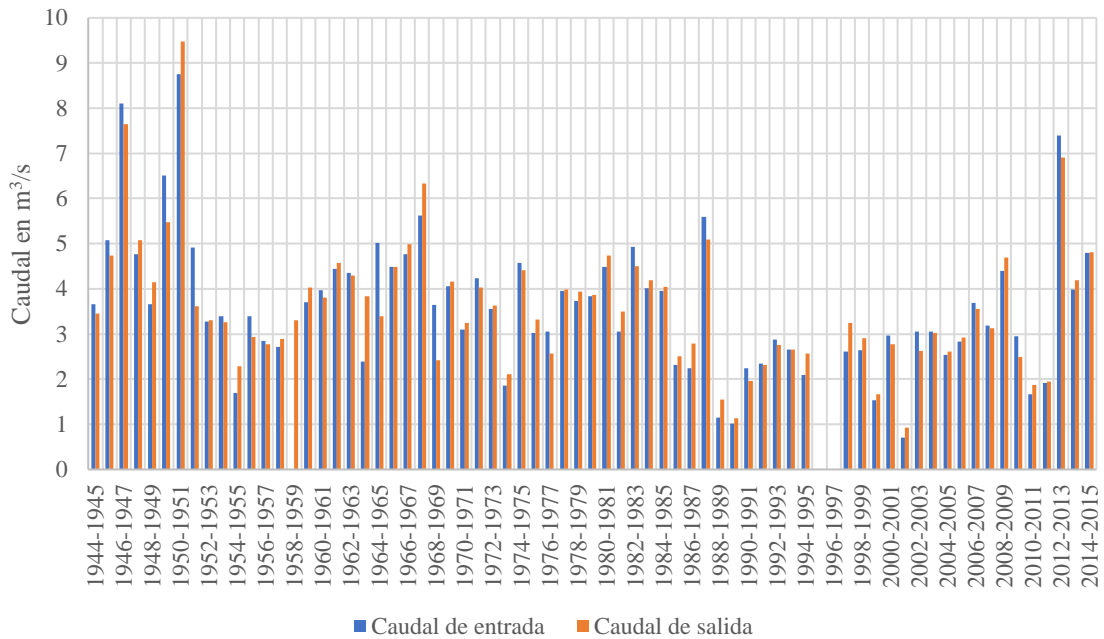


Figura 13.- Caudales medios anuales de entradas y salidas en el embalse. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Cabe destacar también que, en este descenso de los caudales de salida, la gestión hidráulica se ve condicionada por procesos de evaporación de la lámina de agua embalsada. Estas pérdidas, tienen una difícil cuantificación debido a que, entre la entrada natural y la salida por la presa del agua embalsada, como se ha señalado anteriormente, caudales de varias regatas drenan sus aguas en el embalse. No obstante, los valores de evapotranspiración potencial calculadas con los datos de la estación del embalse se presentan en la Tabla 2 junto a las precipitaciones registradas en la estación del embalse.

	Precipitación	Evapotranspiración potencial
Enero	63,3	11,8
Febrero	58,3	15,1
Marzo	56,6	29,4
Abril	62,5	43,5
Mayo	68,1	73,9
Junio	56,2	106,8
Julio	309	133,4
Agosto	27,9	126,0
Septiembre	42,2	87,5
Octubre	66,2	53,8
Noviembre	80,2	23,4
Diciembre	61,8	12,7
Total anual	674,0	717,3

Tabla 2.- Precipitación (mm) y Evapotranspiración potencial, índice de Thornthwaite (mm) para el periodo 1981-2010 en la estación del embalse de Alloz. Fuente: Meteorología y climatología de Navarra.

Los valores más altos se dan en los meses de junio, julio y agosto concentrándose en estos tres meses el 51,08% de la evapotranspiración potencial total anual, una evapotranspiración potencial superior a las precipitaciones totales anuales registradas en el mismo observatorio meteorológico.

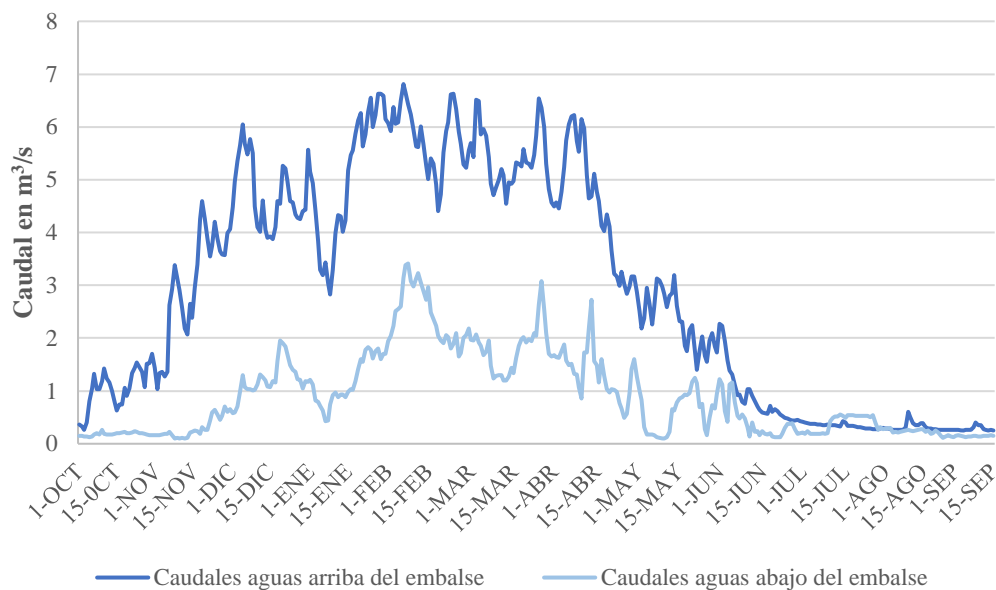


Figura 14.- Caudales medios diarios en m³/s para el río Salado en Alloz y la suma de los caudales previos al represamiento para los ríos Ubagua en Riezu y el Salado en Esténoz (1957-2015). Fuente: Ministerio Para la Transición Ecológica.

En la Figura 14, se representan las caudales aguas arriba del embalse, compuestos por los caudales de las estaciones de aforo de Riezu para el río Ubagua y de Esténoz para el río Salado, y los caudales aguas abajo del embalse en la estación de aforo de Alloz, a la salida del contraembalse en una zona del cauce del río encauzado por escolleras laterales (Figura 15).



Figura 15.- Estación de aforo y encauzamiento con escolleras laterales en el río Salado.

El caudal del Salado en este punto oscila entre los 0,1 y los 3,41 m³/s con una media anual de 0,89 m³/s, muy por debajo del caudal medio anual de los ríos Ubagua y Salado previos al embalse, 2,94 m³/s. Los caudales más altos se dan en los meses de febrero y abril mientras que los caudales más bajos del Salado en Alloz se registran a partir de junio hasta la progresiva subida en el mes de noviembre.

En la Tabla 3, quedan reflejados los caudales de crecida para periodos de retorno a partir de los caudales máximos instantáneos de la serie 1997-2019 en la estación de Alloz para el río Salado.

Periodo	Caudal (m³/s)
2 años	55
5 años	85
10 años	108
25 años	136
100 años	175
500 años	231

Tabla 3.- Caudales de crecida en periodos de retorno en m³/s para el río Salado en Alloz a partir de los datos 1997-2019. Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro.

En la Figura 16, se representa la diferencia en el volumen de agua entre las entradas y las salidas al embalse medido en hm³ para el periodo 1957-2015 previa a la desviación de parte de los caudales a la central hidroeléctrica de Mañeru. A excepción de años de los que no se dispone datos, puede apreciarse cómo prácticamente toda la serie varía entre los 20 hm³ de pérdidas y de almacenamientos, con la salvedad de años puntuales como 1965 donde se llegaron a registrar pérdidas de 51,08 hm³. No obstante, la serie completa representada en la Figura 16, nos refleja una diferencia entre las entradas y salidas de 52,03 hm³ relacionados seguramente con la evapotranspiración que se lleva a cabo de forma directa sobre la lámina de agua del embalse.

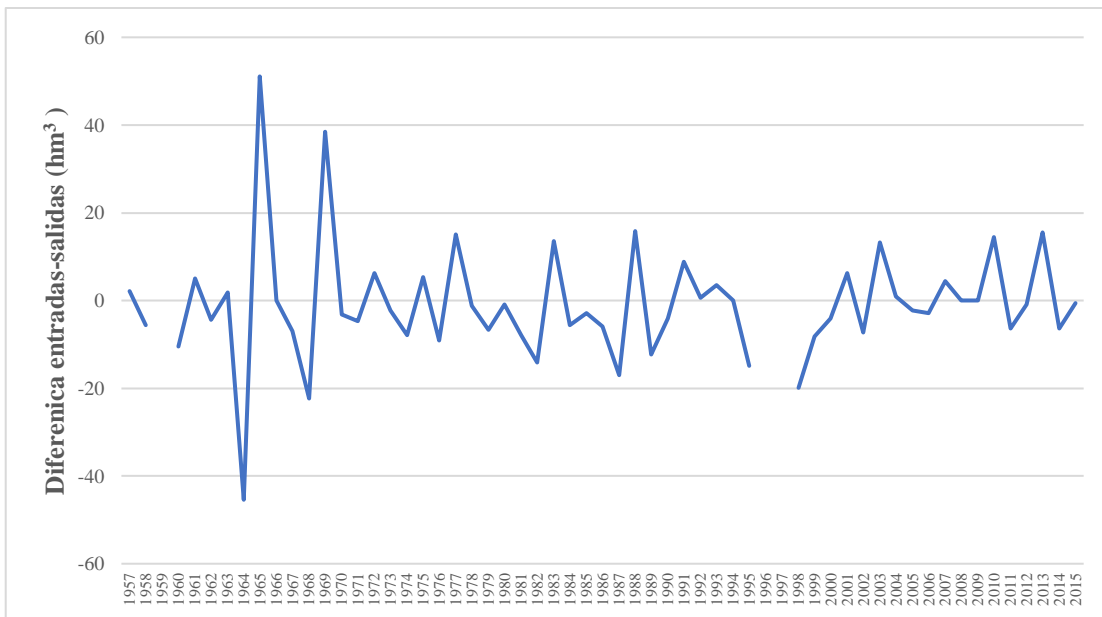


Figura 16.- Diferencia entre entradas y salidas en el embalse en hm³ para el periodo 1957-2015. Fuente: Ministerio Para la Transición Ecológica.

Tras el turbinado de las aguas en la central hidroeléctrica de Mañeru, el agua canalizada desde Alloz a la salida del embalse vuelve a ser incorporada al río Salado hasta su desembocadura, escasos kilómetros aguas abajo en el río Arga. En la Figura 17, se comparan los caudales del río Salado una vez que se han canalizado las aguas a la central de Mañeru en la estación de Alloz y los caudales tras la central. Esta regularidad en el régimen en el tramo final del río es debida al turbinado de sus aguas y la forma de aprovechamiento y suelta. En torno a los días 1 y 15 de cada mes, se suelta agua desde la central hidroeléctrica de Mañeru dando picos medios de caudal al río de entre 4,5 y 5,5 m³/s, descendiendo las aportaciones hasta mínimos que oscilan entre los 0,03 y los 0,5 m³/s, días en los que apenas se hace aportación desde la central al cauce natural del río.

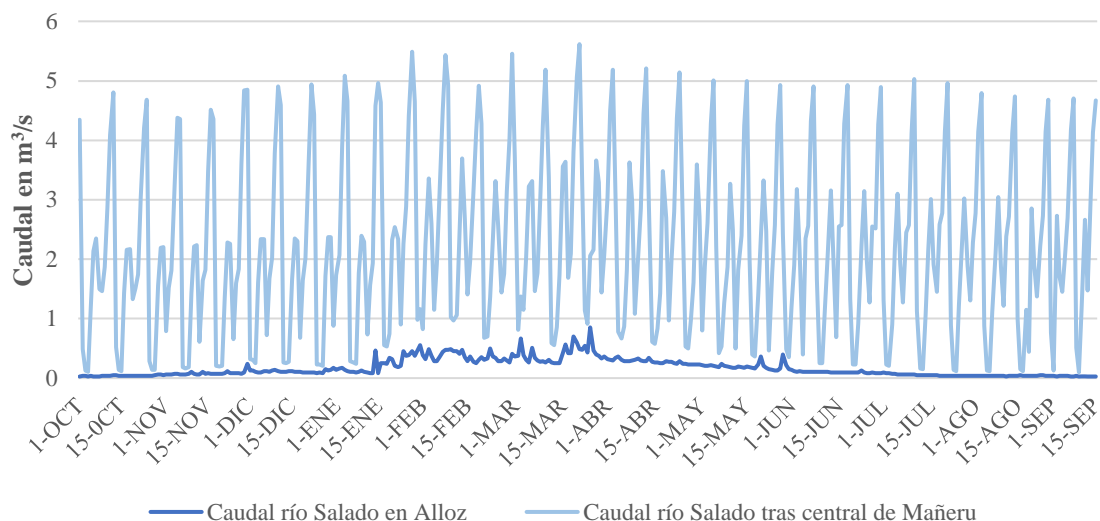


Figura 17.- Caudales medios diarios en m³/s para el río Salado en Alloz y la incorporación de las aguas canalizadas tras la central hidroeléctrica de Mañeru (2003-2015). Fuente: Ministerio Para la Transición Ecológica y Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Estos caudales con máximos intermitentes cada 15 días que quintuplican los caudales del río durante 24-72 horas provocan una alta humedad edáfica proliferando en este tramo del río especies herbáceas y leñosas como será analizado más adelante.

4.2.- Cambios en el cauce del río

La evolución que ha sufrido el cauce del río va a ser analizada en dos tramos diferentes. El primero, Tramo A, inmediatamente después del inicio de la canalización de Alloz que lleva las aguas a la central de Mañeru siguiendo 1,8 kilómetros del tramo fluvial; y el segundo, el Tramo B, siguiendo el curso del río tras la central hidroeléctrica de Mañeru, punto en el que se incorpora el agua canalizada al río Salado hasta su desembocadura final en el río Arga (Figura 18).



Figura 18.- Localización de los tramos de estudio del cauce del río Salado

En el análisis de la situación actual, las barras de sedimento han sido colonizadas por la vegetación y debido a la cobertura de esta en muchas zonas la lámina de agua no ha podido ser representada de forma precisa representando el trazado del río mediante una línea.

Los cambios en la vegetación de ribera y la colonización y expansión de esta entre 1957 y 2018 han sido cuantificados en hectáreas tal y como se puede apreciar en la Tabla 4, representando también el porcentaje de superficie que abarcan en ambos años y al diferencia que se ha producido en porcentaje de ocupación del espacio fluvial entre un año y otro. La evolución durante estos años, ligada a la construcción de los represamientos y canalizaciones, ha hecho que la mayor proliferación de vegetación se haya dado de forma predominante en el tramo de estudio B siendo dominante la proliferación de la vegetación leñosa en estas áreas. Las barras de sedimento que se podían apreciar en la fotografía aérea de 1957 han sido cubiertas por vegetación herbácea en la mayor parte, desapareciendo zonas de barras de sedimento desnudas debido a la regularidad y disminución del caudal del cauce del río natural.

	TRAMO A				
	1957		2018		Diferencia
	Ha	% de superficie	Ha	% de superficie	
Vegetación leñosa	6,09	7,24%	33,15	39,43%	32,18%
Vegetación herbácea	23,44	27,88%	50,93	60,57%	32,69%
Barras de sedimentos	2,55	3,03%	-	-	-3,03%
Cultivos	52,00	61,85%	-	-	-61,85%

	TRAMO B				
	1957		2018		Diferencia
	1957	% de superficie	2018	% de superficie	
Vegetación leñosa	8,09	5,01%	112,95	70,00%	64,98%
Vegetación herbácea	13,95	8,65%	48,41	30,00%	21,36%
Barras de sedimentos	1,64	1,02%	-	-	-1,02%
Cultivos	137,68	85,32%	-	-	-85,32%

Tabla 4.- Hectáreas y porcentajes de ocupación por usos en los años 1957 y 2018 en los tramos A y B y porcentaje de diferencia.

Todos estos cambios, se analizan a continuación en los dos tramos expuestos anteriormente.

4.2.1.- Tramo A

En la Figura 19, se puede apreciar la evolución que ha tenido el espacio fluvial desde la presa y el inicio de la canalización a Mañeru. En la ortofoto de 1957 se puede ver de forma clara el cauce activo del río, la lámina de agua y las barras de sedimento. En el momento de la toma de esta fotografía de 1957, solo había pasado una década desde la construcción de las últimas obras hidráulicas del río Salado, en concreto la inauguración del canal de Alloz. Se ve un cauce limpio con escasa vegetación debido a los pocos años transcurridos desde que se completaron todas las obras hidráulicas que han llevado a la regulación del caudal tal y como se da a día de hoy. Los descensos de los caudales medios a lo largo del año, con una media de caudales muy inferior a la natural del río, han hecho que la vegetación leñosa de ribera prolifere en estas zonas húmedas del antiguo cauce natural del río colonizando las barras desnudas de sedimento. Esta evolución se puede apreciar en la comparación del par de fotografías aéreas cartografiadas de 1957 y 2018. En la primera de ellas, se pueden ver barras de sedimento desnudas de forma clara sin poder apreciarse de ningún modo en la de 2018 debido a su cobertura total de vegetación.

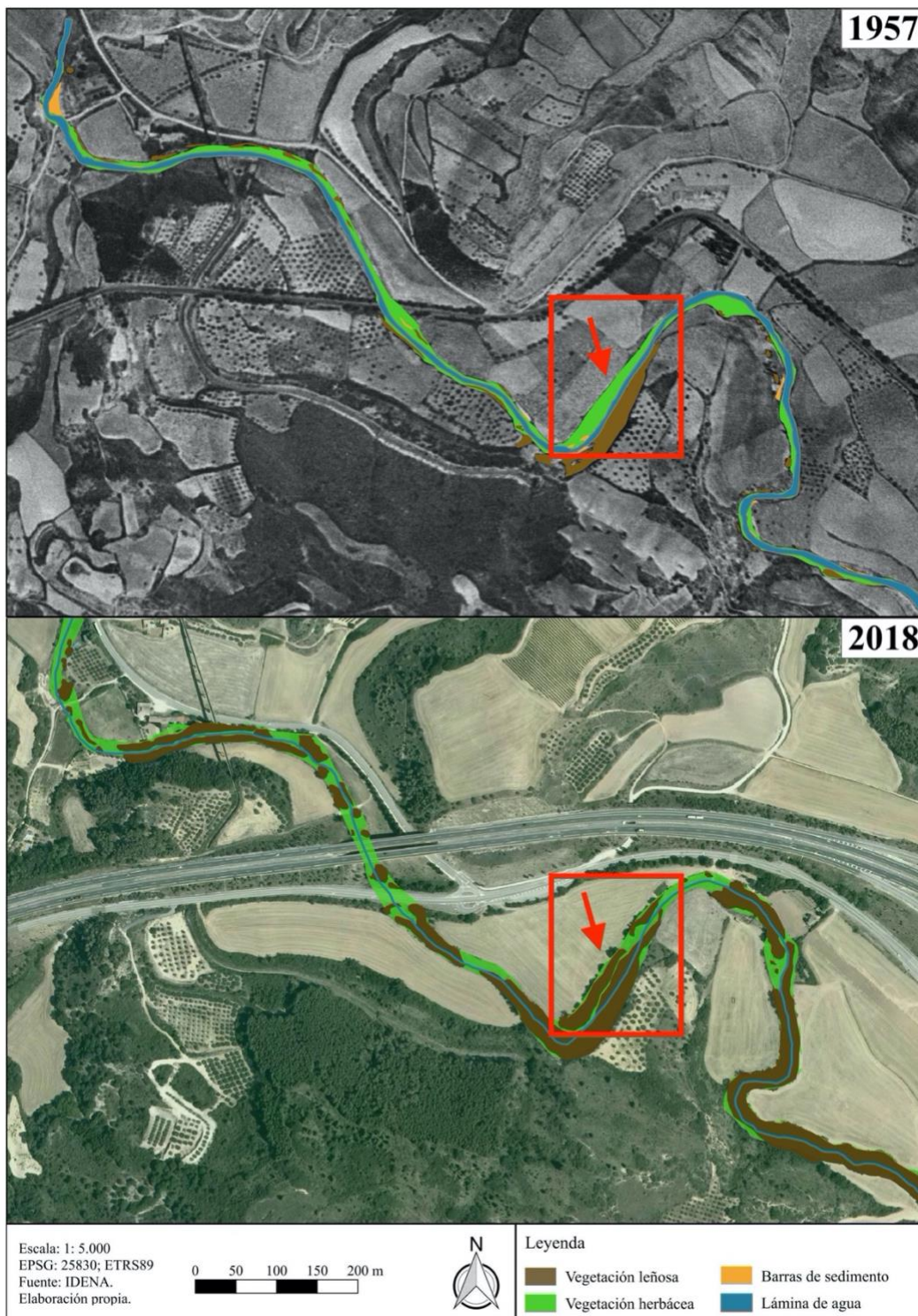


Figura 19.- Tramo A, estudio de la evolución los usos del espacio fluvial en el río Salado tras el embalse.

En 1957 (Figura 19), se puede ver cómo la ribera del río estaba colonizada de forma predominante por vegetación exclusivamente herbácea localizándose la vegetación de ribera arbórea en pequeñas proporciones de forma dispersa o en

meandros de gran tamaño en los que no existían otros usos más que el fluvial de ribera inundable. En esta foto aérea de 1957 también se pueden diferenciar las barras de sedimentos que aparecen de forma dispersa a lo largo del tramo del río.

En estas zonas en las que debido a la regulación y reducción de caudales y crecidas y la existencia de un caudal ecológico mínimo a lo largo de todo el año, donde el agua y la humedad edáfica no escasean, la vegetación ha ido conquistando el cauce activo del río con su consecuente estrechamiento llegando incluso a desplazar la lámina de agua actual a un extremo, tal y como se aprecia en la zona noroccidental del tramo de estudio A, donde se puede ver de forma clara este estrechamiento quedando el actual cauce activo del río Salado desplazado a un lado del margen bajo el Puente de Alloz⁴ (Figura 20A) viéndose el resto del cauce colonizado por la vegetación de ribera que ha ocupado las barras de sedimento cartografiadas en la imagen aérea de 1957 (Figura 20). Por su parte, en la Figura 20B puede verse cómo esta colonización vegetal ha tupido por cañas y herbáceas uno de los arcos del puente, dificultando el curso del agua en momentos de crecidas.



Figura 20.- Vegetación en el cauce del Salado bajo el puente de Alloz. Imagen A tomada aguas abajo del río. Imagen B sobre el puente de Alloz en dirección aguas arriba.

Siguiendo el cauce del río Salado en el Tramo A, puede apreciarse un aumento de la colonización de especies herbáceas y un importante desarrollo de la vegetación leñosa impulsada no solo por una reducción de los caudales tras el embalse tal y como

⁴ Construido en el siglo XII, con sus 30 metros cruza el cauce del río Salado (GEN, 2019).

se ha representado anteriormente en la Figura 14, sino que también es causada por un descenso de inundaciones periódicas manteniendo un caudal regulado con menos diferencia entre los caudales máximos y los mínimos a lo largo del año y un caudal mínimo superior en los meses de verano proliferándose así esta vegetación en un espacio en el que la que la humedad edáfica se mantiene a lo largo de todo el año. Esto nos refleja el papel regulador del embalse manteniendo el caudal del río Salado relativamente constante en momentos de caudales máximos instantáneos aguas arriba.

En el meandro de la parte este del área de estudio (área especificada en Figura 19), puede apreciarse cómo la vegetación leñosa se ha desarrollado por toda la ribera del río ocupando zonas entre lo que fue el cauce activo y el inicio de los campos de cultivo antes sin vegetación. Además de la vegetación de ribera de carácter arbóreo, la vegetación herbácea ha continuado expandiéndose y ha colonizado la zona impidiendo la visibilidad del cauce activo del río (Figura 21). Esta colonización por la vegetación nos demuestra un incremento de la estabilización y la falta de dinámica, por la inexistencia de grandes avenidas y reducción del caudal, ya que habrían impedido el desarrollo de la vegetación.



Figura 21.- Vegetación arbórea en el meandro analizado limitando con campos de cultivo de cereal.

A orillas del curso fluvial a lo largo de todo el tramo, se suceden explotaciones agrícolas de cereal y pequeñas huertas que lindan y en ocasiones ocupan superficies potencialmente inundables en momentos de avenidas. Importante también, la canalización subterránea del río mediante cimentaciones en zonas de paso por carreteras o caminos evitando así la construcción de otro tipo de infraestructuras como puentes, pero limitando de forma clara el cauce del río de este modo. En este tramo, entre las especies vegetales que ocupan el tramo del río hemos identificado fundamentalmente chopo (*Populus nigra*) y sauce de ribera (*Salix alba* y *Salix triandra*). También aparecen fresnos (*Fraxinus angustifolia*) y olmos (*Ulmus minor*).

En cuanto a las especies herbáceas que han proliferado en esta zona, encontramos Sanguino (*Cornus anginea*), lúpulo (*Jumulus lupulus*), Clemátilde (*Clematis vitalba*), hiedra (*Hedera helix*) y zarza de mora (*Rubus ulmofolius*).

4.1.2.- Tramo B

Debido a la longitud del Tramo B, las cartografías en base a las fotos aéreas se representan en dos, Figura 22 y Figura 24. La primera de ellas, del tramo comprendido inmediatamente después de la incorporación del caudal turbinado en Mañeru y la segunda, del último tramo del río previo a su desembocadura final en el río Arga.

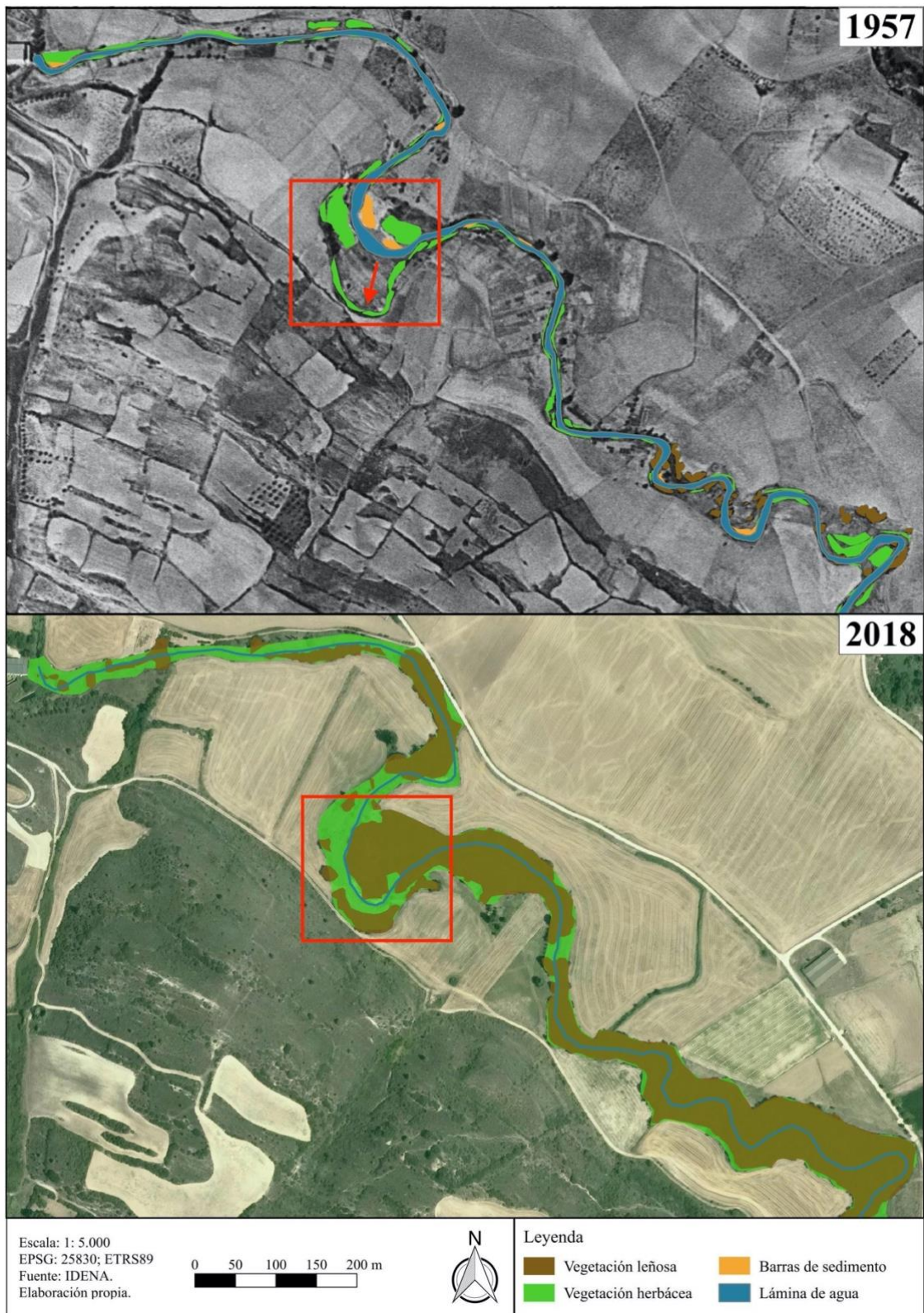


Figura 22.- Tramo B.1. Estudio de la evolución de los usos del espacio fluvial en el río Salado tras la central hidroeléctrica de Mañeru.

En este tramo, se aprecia un importante cambio de la superficie de vegetación de ribera arbórea y herbácea conquistando las riberas y las zonas de sedimentación llegando a ocupar los extremos de los campos de cultivo que lindaban con el cauce fluvial. Es patente especialmente en la segunda mitad del Tramo B.1., la vegetación leñosa ha llegado a colonizar zonas que en 1957 presentaban muy escasa presencia de vegetación o inexistente, llegando a ocupar una importante franja en ambos márgenes del cauce actual del río, como puede verse en la imagen de la Figura 23.B, mientras que, en la primera parte de este tramo, predominan las especies helófitas con especies leñosas de forma más dispersa y puntual.



Figura 23.- A: Vegetación de ribera en el tramo B.1. B: Vegetación de ribera en el tramo B.2.

Tal y como se puede apreciar en la Figura 23A, hay zonas de este tramo en las que han proliferado especies helófitas predominando el juncal (*Juncus inflexus*) y *Phragmites australis*.

En este tramo de estudio representado en la Figura 22, hay que destacar el meandro enmarcado que ocupa la parte central de la fotografía. En él puede apreciarse cómo el cauce activo del río se ha desplazado recuperando un meandro externo más antiguo proliferando así la vegetación en el meandro que el río ocupaba en la primera ortofotografía de 1957. Este cambio en el curso del río se ha estudiado a partir del visionado de diferentes fotografías de series históricas en IDENA⁵ donde ya se aprecia en la fotografía de 1971 esa recuperación del antiguo meandro que ocupaba el río.

⁵ IDENA: Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra.

En la segunda parte del tramo, el Tramo B.2., se da una continuación de la segunda parte del Tramo B.1., la vegetación leñosa ha colonizado de forma predominante el cauce y los márgenes del río con una importante expansión también de la vegetación herbácea en estas zonas tal y como puede apreciarse en la Figura 23.B.



Figura 24.- Tramo B.2. Estudio de la evolución de los usos del espacio fluvial en el último tramo del río Salado.

Esta expansión y proliferación predominantemente de vegetación de ribera de tipo arbóreo en estas zonas límites con el actual cauce activo del río, se da hasta la desembocadura del río Salado en el río Arga a la altura de la localidad de Mendigorriá.

4.3.- Cambios en los usos del suelo en el embalse

Los usos del suelo en la cuenca del río Salado han sufrido una continua evolución desde la construcción del embalse de Alloz en 1930 hasta alcanzar los usos actuales representados en la Figura 25.



Figura 25.- Usos del suelo en torno al embalse de Alloz a partir de la fotografía aérea de 2018.

Hay que destacar en esta distribución actual de los usos del suelo en la zona, el que seguramente haya sido el mayor cambio de las últimas décadas, el proceso de concentración parcelaria. Se llevó a cabo de forma gradual en los terrenos de explotación y cultivo los cuales se fueron viendo modificados tal y como señala Alenza (2001), con la progresiva pérdida de eficiencia de este tipo de explotaciones alterándose y restructurándose las propiedades en explotaciones agrarias más eficientes con la implantación de la Ley Agraria, regulación que culminará finalmente con la concentración parcelaria implantada en Navarra con el Decreto Foral Legislativo 133/1991, de 4 de abril⁶.

Es así cómo a partir de la comparación de las ortofotos de 1970 y 1997 pueden apreciarse los cambios que se dieron en cuanto a tamaño y número de parcelas de explotaciones agrarias en los alrededores del embalse entre ambas fechas (Figura 26).

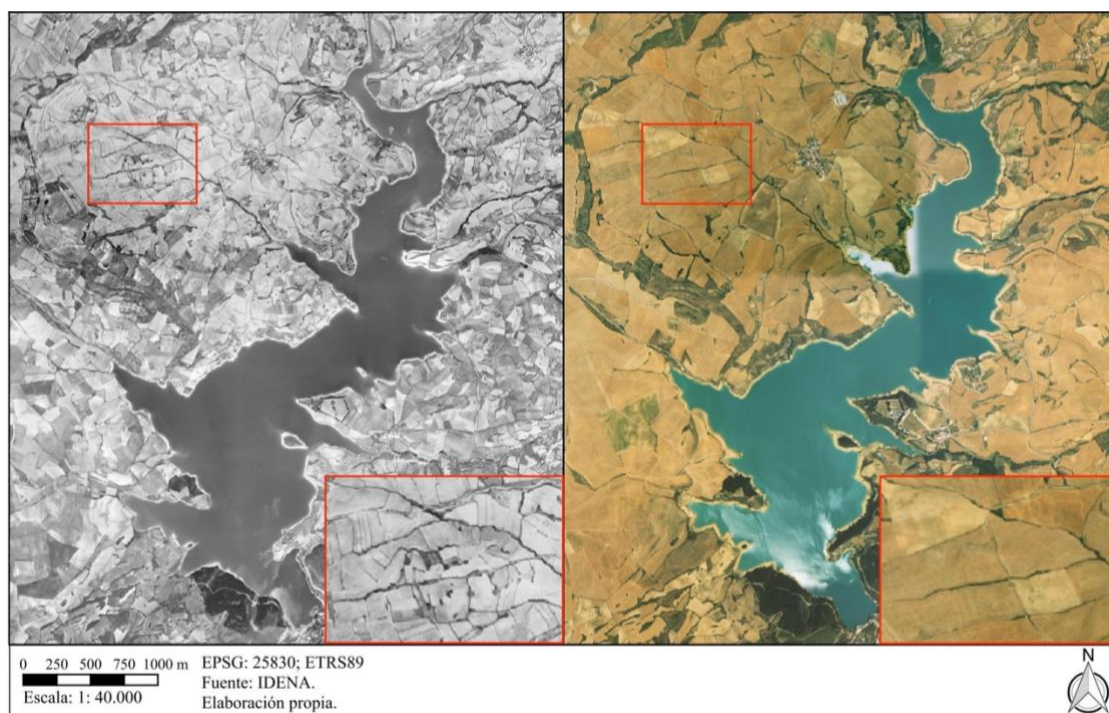


Figura 26.- Concentración parcelaria en torno al embalse de Allos. Comparación ortofotos 1970 y 1997, recuadro ejemplo.

⁶ La concentración parcelaria se estaba efectuando a partir de la Ley de Reforma Agraria, pero en 1987, solo un 25% de la superficie agraria Navarra estaba concentrada, proceso que no se agilizó hasta la aprobación del Decreto foral de 1991 (Alenza, 2001).

En las ampliaciones enmarcadas de cada foto aérea, pueden verse este proceso de agrupación de parcelas cuya finalidad fue la mejora del rendimiento agrícola consiguiendo así una mayor productividad con mayores extensiones de explotación.

Además de este proceso, el otro significativo cambio que se ha dado está ligado a los asentamientos poblacionales. Estos han visto modificada su forma y expansión pasando de ser pequeños núcleos meramente rurales a zonas de segunda residencia y urbanizaciones en otras zonas siempre cercanas a las orillas del embalse representadas en la Figura 25 en color rosa.

4.2.1.- Ocupación del Dominio Público Hidráulico

Con la construcción del embalse, todos los usos que había en la zona quedaron bajo la lámina de agua. A diferencia de otros muchos embalses, ningún núcleo de población ni edificación se vio afectada de forma directa quedando bajo las aguas del embalse únicamente una construcción, un puente románico que cruzaba el antiguo cauce del río Salado por el que transitaba un camino que unía las localidades de Villanueva y Lerate (Figura 27). En la actualidad, solo sale a la luz en situaciones extraordinarias en las que el embalse se encuentra por debajo del 15% de su capacidad.



Figura 27. Puente románico bajo el embalse. Fuente: Diario de Noticias de Navarra.

Los usos del suelo que sí se vieron afectados y sumergidos fueron los campos agrícolas que en la actualidad abarcan la mayor parte de las orillas del embalse y que debido a una falta de ordenación y delimitación adecuada están haciendo en muchos de los casos una ocupación del Dominio Público Hidráulico por debajo de los 469,69 m.s.n.m. de cota máxima de llenado del embalse tal y como se representa en la Figura 28.



Figura 28.- Parcelas en ocupación del Dominio Público Hidráulico por debajo de la cota máxima del embalse.

Teniendo en cuenta estas cotas máximas de llenado a las que podría llegar el embalse (cota de coronación de la presa), las parcelas representadas en la Figura 28 estarían ocupando terrenos de Dominio Público Hidráulico. La suma total de estas superficies asciende a las 103 hectáreas.

4.2.2.- Degradación de las orillas del embalse

Además de la indebida ocupación de las orillas del embalse expuesta en el anterior apartado, son otros usos del suelo y otros factores los que están provocando una importante degradación de las orillas del embalse.

4.2.2.a.- Erosión hídrica

La gran fluctuación que tienen las reservas de agua en el embalse a lo largo del año con sus consecuentes subidas y bajadas de nivel que oscilan entre los 17 y los 60 hm³ de forma media con variaciones constantes entre los 45 y los 55 hm³ de almacenaje (Figura 29) centrados en los meses de marzo a junio, está generando una importante erosión hídrica en los tramos de orillas ubicados a estas cotas. Unido a estas fluctuaciones de control habitual del embalse, los desembalsados rápidos de agua en momentos de prevención por la llegada de altas precipitaciones o los desembalses por necesidad de aportación urgente de agua al caudal del Ebro, también generan esta erosión en las orillas.

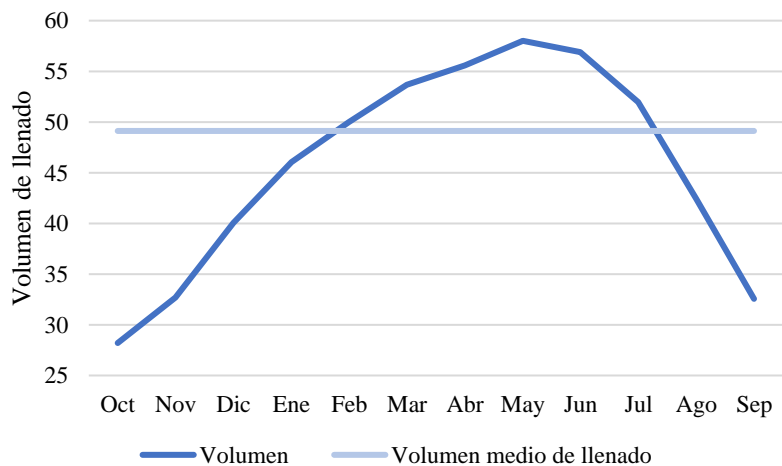


Figura 29.- Volumen medio de llenado por meses en hm³ en el periodo 1943-2015. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Tal y como se puede ver en la Figura 30, estos cambios en las cotas del nivel del embalse han provocado una importante erosión y pérdida del suelo. Con la pérdida del suelo, muchas especies arbóreas quedan con sus raíces en superficie. Además, estas fluctuaciones impiden también la proliferación de la escasa vegetación pionera que se da en estas zonas cuando el embalse está más bajo.



Figura 30.- Erosión en las orillas con orientación norte de la isla de la bahía de Lerate.

En concreto, estas imágenes de la Figura 30, se corresponden con la orilla con orientación norte de la isla situada frente a la bahía de Lerate (Figura 31), la cual además de los factores expuestos en cuanto a las fluctuaciones y cambios de nivel rápido, se ve afectada también por el oleaje causado por el viento predominante en la zona de componente norte, el cual, con sus pequeñas olas constantes es también un continuo impacto que favorece la inestabilidad de las orillas generando deslizamientos y desplomes en zonas de elevadas pendientes.

4.2.2.b.- Afluencia turística

A finales de la década de los 90 se comenzaron a instaurar en las orillas del embalse edificaciones en parcelas agrarias a modo de segunda vivienda que progresivamente se han ido viendo modificadas hasta recalificarse y convertirse en zonas urbanizadas con chalés y grandes parcelas con usos muy alejados de los de las explotaciones agrarias. En la Figura 31, se representa la evolución de las orillas del concejo de Lerate, sin duda, la zona que mayor evolución en los usos del suelo y mayor degradación está sufriendo en la actualidad con la afluencia turística en la zona.

En 1971 estos terrenos, a excepción del núcleo de Lerate en la parte inferior de la imagen, estaban dedicados al cultivo del cereal. Esta situación ya se ve totalmente modificada en la siguiente foto aérea, la de 1999, donde pueden apreciarse ya numerosas modificaciones en los usos del suelo.

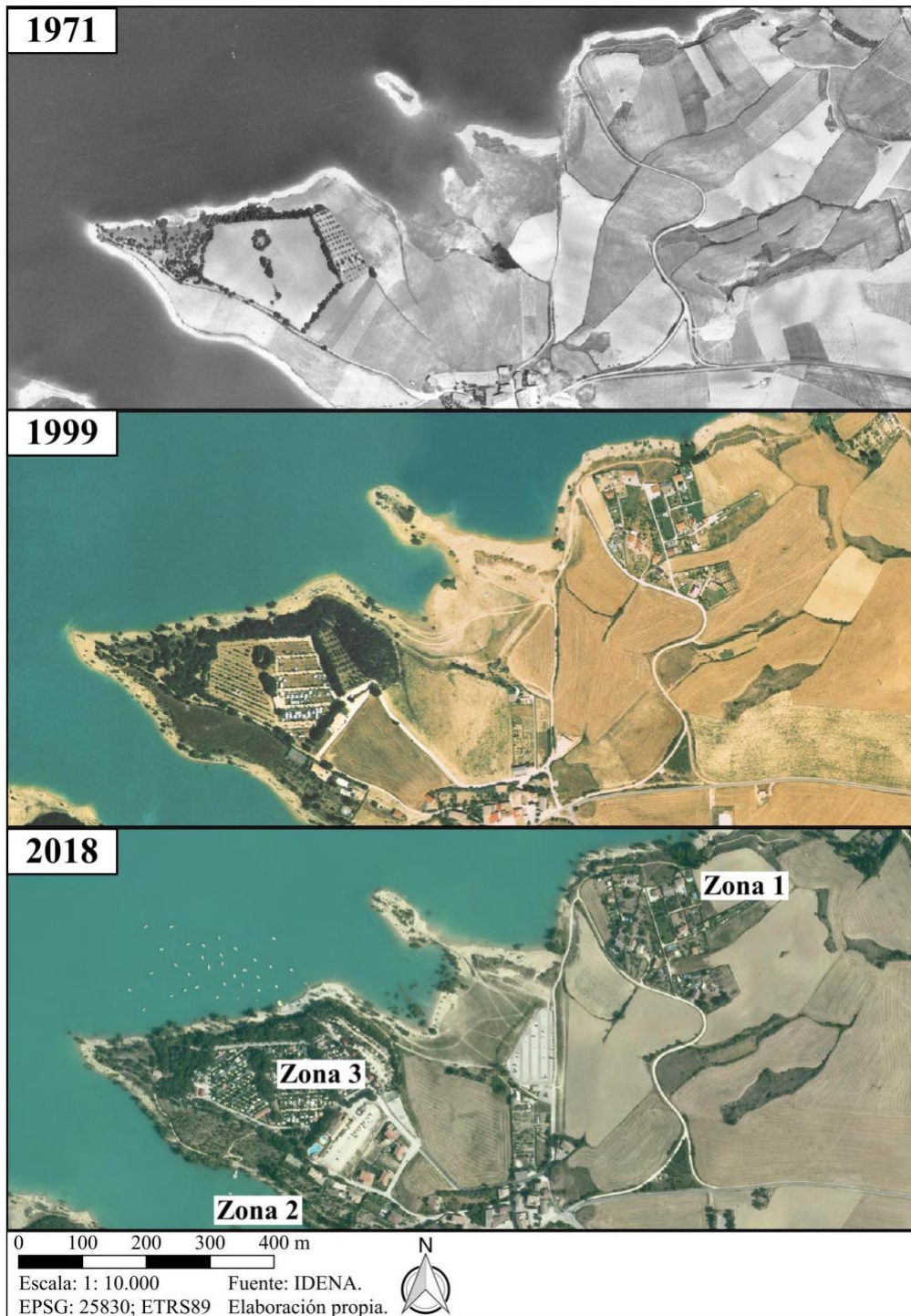


Figura 31.- Evolución de los usos del suelo en Lerate, ortofotos de los años 1971, 1999 y 2018.

En primer lugar, los terrenos de cultivo herbáceo de la zona 1 han sido parcelados y ocupados por edificaciones móviles y prefabricadas. Estas, con el transcurso de los años fueron convirtiéndose en edificaciones de obra y legalizándose con la recalificación de muchas de estas parcelas convirtiéndose en zonas urbanas con casas a modo de segunda vivienda con terrenos ocupados por piscinas y actividades recreativas y de ocio particulares (Figura 32). También ocurre lo mismo en la zona 2 a orillas del embalse, al oeste del núcleo de Lerate donde ya en 1999 podemos apreciar construcciones unifamiliares.



Figura 32.- Edificaciones a orillas del embalse.

La península de Lerate, zona 3, presenta en 1999 la trama del Camping Aritzaleku, que comenzó a explotarse al público en el año 1998 sobre terrenos municipales del Ayuntamiento de Lerate en concesión, se trataba de unos terrenos de cultivo que ya estaban siendo explotados en los últimos años como zona de acampada. La proliferación y buen funcionamiento del camping, con su importante crecimiento llegando en la actualidad a superar las 280 parcelas, hace que haya llegado a ocupar prácticamente la totalidad de la península. Esto, unido a la dotación de infraestructuras y servicios en la zona de Lerate, así como la mejora de la carretera de acceso a la localidad por el puerto de la presa, ha convertido a esta zona en el epicentro de la atracción turística.

Este importante flujo turístico, localizado fundamentalmente en las orillas la Bahía de Lerate, ha ocasionado un problema de falta de capacidad para albergar tal número diario de visitantes determinados días del año, lo que ha generado problemas de movilidad con falta de espacio destinado al aparcamiento, ruidos, contaminación y vertido de basuras.

Esta gran afluencia turística que fue aumentando a lo largo de la primera década del año 2000, y el acceso directo de los vehículos hasta la misma orilla del embalse, llevó al Ayuntamiento del valle de Guesálaz a la construcción de un aparcamiento a orillas de la bahía sobre terrenos municipales e inundables con una capacidad para albergar 285 vehículos y dotación de servicios (Ayuntamiento de Guesálaz, comunicación oral). Con la construcción de esta infraestructura y el vallado y cerrado de muchas pistas y vías de acceso a las orillas del embalse por vehículos rodados, se conseguía minimizar el impacto en las orillas y disminuir riesgos de incidentes en estas zonas. Esta infraestructura inaugurada en el año 2011 (Figura 33), unida a las mejoras en la bahía con el adecentamiento de la playa y el vertido de grava e instalación de sombrillas en el año 2014, fomentará el efecto llamada en la zona (Figura 34).



Figura 33.- Área de aparcamiento en la Bahía de Lerate en la actualidad

El aparcamiento durante los meses de verano y fines de semana comenzó a quedarse escaso teniendo el Ayuntamiento que habilitar campos colindantes para el estacionamiento de vehículos pudiendo llegar a albergar 500 coches. Esta focalización de zonas de recreo en torno a la bahía de Lerate está causando una degradación de las

orillas y el acceso y ocupación de otras zonas del embalse con su consecuente pérdida de calidad.

A.- Equipamientos en la bahía de Lerate.



B.- Accesos tablados a las orillas.



Figura 34.- Equipamientos en la Bahía de Lerate.

En contraposición a estas zonas preparadas a las que acude la gran mayoría de la afluencia turística del embalse, están el resto de las orillas, muchas de ellas en zonas que poseen accesos rodados incluso aparcamientos no pavimentados, esto junto a la inexistencia de mobiliario e infraestructuras de acceso como pasarelas y accesos tablados en el caso de la Bahía de Lerate (Figura 34B), hacen que sean mucho menos frecuentados y el grueso de visitantes se siga localizando en torno al núcleo de Lerate.

5.- Propuestas de mejora

Ante esta situación de degradación ambiental y de falta de infraestructuras y equipamientos que posibiliten una adecuada explotación de los valores ambientales, recreativos y culturales de la zona de las inmediaciones del embalse, es necesaria una propuesta de regulación, mejora y recuperación de la zona, así como una correcta dotación de infraestructuras que posibiliten seguir manteniendo la afluencia turística a la zona sensibilizando a los visitantes a cerca del alto valor ecológico. Para ello, se propone:

- Retirada de usos agrícolas y ganaderos de las zonas ocupadas del Dominio Público Hidráulico expuestas anteriormente.
- Mejora de la calidad de los márgenes del embalse y de las zonas degradadas en la desembocadura de éste de los ríos Salado y Ubagua.
- Plantación y reforestación de orillas degradadas y deforestadas por la ocupación de actividades agrícolas y turísticas con el fin de controlar la erosión en las orillas.
- Regulación de las actividades que se desarrollan en las inmediaciones del embalse.
- Implantación de equipamientos y mobiliario que sea acorde al medio natural con paneles explicativos de los diferentes tipos de paisajes en la zona y señalizaciones de las diferentes rutas.
- Creación de un sendero ecológico transitable alrededor del embalse promoviendo así la sensibilización por la naturaleza y la educación ambiental facilitando de este modo los accesos controlados al embalse evitando así la afluencia turística a zonas no acondicionadas y preparadas.
- Ligar la atracción turística y la sensibilización con el medio natural al patrimonio artístico y cultural existente en la zona:
 - Ermita de San Pedro en Lerate.
 - Iglesia de la Natividad en Garisoain.
 - Museo de escultura y pintura Henri Lenerts en Irurre.
 - Ermita del Pilar en Garisoain.

Esta propuesta de actuación no frenaría la importante atracción turística y de ocio que tiene actualmente el embalse, se centraría en repartir la oferta y dotar las orillas del embalse de una mayor capacidad de acogida para esta masa fluyente que concentrada sobre todo en los meses de verano de julio y agosto acude a las inmediaciones aglutinándose en las escasas zonas ofertadas y preparadas con su consecuente mayor degradación del medio físico focalizada principalmente en torno a la Bahía de Lerate.

Estas actuaciones de plantaciones arbóreas y arbustivas alrededor de toda el área perimetral del Embalse sobre las zonas actualmente ocupadas entre el Nivel Máximo Normal y la Cota Máxima del Embalse generarán a largo plazo un corredor natural interconectado por un sendero tal y como se muestra en la siguiente Figura 35.



Figura 35.- Mapa propuesta de mejora

Mediante esta propuesta de actuación se pretende modificar por completo el estado actual de las orillas del embalse de Alloz, en la actualidad fraccionadas en diferentes usos antropizados sin un nexo de unión. Con la reforestación de estas orillas

desnudas y degradadas, se generaría un corredor natural a lo largo de las orillas del embalse.

En cuanto al curso fluvial tras el represamiento de Alloz, podrían aplicarse líneas de actuación y mejora con la reactivación de la dinámica fluvial a partir de la generación de crecidas periódicas e intermitentes desde la presa del embalse, provocando con estas crecidas un rejuvenecimiento de la vegetación de ribera, movilización de los sedimentos y favoreciendo así una mayor biodiversidad y geodiversidad.

6.- Conclusiones

Una vez finalizado el trabajo, no podemos hablar de forma directa de un cambio en el comportamiento hidrológico por la comparación de datos actuales con datos previos a la construcción del embalse debido a su inexistencia. Por el contrario, sí se han podido demostrar estos cambios en el comportamiento hidrológico en el río Salado tras el represamiento y su cauce mediante la comparativa de datos de aforo en la cola del embalse y tras la presa. Estos, nos reflejan un claro papel regulador del embalse manteniendo un caudal más bajo y estable, el cual ha llevado a la modificación de la morfología del cauce y de los usos del espacio fluvial y su vegetación de ribera con una importante proliferación en el tramo comprendido entre los represamientos y su desembocadura final en el río Arga.

Asimismo, se ha analizado y demostrado otro de los objetivos del trabajo, los cambios que han sufrido y continúan sufriendo las orillas del embalse como consecuencia de la construcción de éste, sobre todo en los últimos años con un crecimiento de la afluencia turística, un problema latente en el que ya se está trabajando desde diferentes organismos y asociaciones para una correcta regulación del uso turístico y la conservación de los espacios naturales planteando programas y jornadas como la del pasado 22 de junio de 2019 “De Ocio, Turismo y Medio Ambiente en el embalse de Alloz” celebrado en uno de los accesos del embalse. Esto, refleja la necesidad de llevar a cabo una línea de actuación en la zona que posibilite la adecuada explotación del embalse y sus orillas dotando a este de infraestructuras y regulando sus accesos, permitiendo de este modo, la afluencia turística y una correcta conservación y rehabilitación del medio tal y como se ha reflejado en las propuestas de mejora del último apartado de este trabajo.

7.- Bibliografía

Alenza, J. (2001). *Los procedimientos de concentración parcelaria en Navarra*. Universidad Pública de Navarra, Pamplona, pp. 3-5.

Ayuntamiento del Valle de Guesálaz. (2001). *Plan municipal de ordenación urbana*, Pamplona, 54 p.

Becerril, E. (1941). La evolución de las formas en las presas-bóvedas. *Revista De Obras Públicas*, 2712: 117-125.

Besné, P. & Ibisate, A. (2015). River Channel adjustment of several river reaches on Ebro basin. *Quaternary International*, 364: 44-53.

Bielza de Ory, V. (1972). *Tierra Estella. Estudio geográfico*. Diputación Foral de Navarra, Institución Príncipe de Viana, Pamplona, 358 p.

Confederación Hidrográfica del Ebro. (2010). *Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro. 5.- Subcuenca del río Arga*. Medio Ambiente, Territorio y Geografía, S.L. (MASTERGEO, S.L.), Zaragoza, pp. 5-81.

Confederación Hidrográfica del Ebro. (2008). *Masas de agua subterránea en la sierra de Andía – 018*, Zaragoza, 11 p.

Confederación Hidrográfica del Ebro. (1996). *Diagnóstico y gestión ambiental de embalses en el ámbito de la cuenca hidrográfica del Ebro*. Zaragoza, pp. 31-37.

Confederación Hidrográfica del Ebro. (2008). *Plan hidrológico del río Arga*, Zaragoza, pp. 9-22.

El pantano de Alloz, bajo mínimos (16 de octubre de 2019). *Diario de Noticias de Navarra*, Pamplona.

Fernández, M., Gascón, J., Fraga, F., Esteras, L., & Escolar, I. (2001). Presa de Alloz: Estudios sobre el aprovechamiento, construcción y evolución de la obra. *Revista De Obras Públicas*, 3413: 39-45.

Frutos, L. (1995). Las Confederaciones Sindicales Hidrográficas (1926-1931). En Gil, A. & Morales, A., *Planificación Hidráulica en España*. Fundación Caja del Mediterráneo, Murcia, pp. 226-241

Germán, L. (2012). *Historia económica del Aragón contemporáneo*. Prensas de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 223 p.

Loidi, J. & Báscones, J. (1995). *Memoria del mapa de series de vegetación de Navarra*. Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno de Navarra, Pamplona, 111 p.

Mariscal de Gante, A. (2010). Rehabilitación de la presa de Alloz (Navarra). En Romeo, R., Andreu, M., Hijós, F., Lafuente, R., Rubin de Célix, M., de Andrés, M, Carrasco, A., Martín-Cleto, M., Alonso, M. & Villaroel, J., *Dam Maintenance and Rehabilitation II* CRC Press, Zaragoza, pp. 273-280.

Pinilla, V. (2008). *Gestión y usos del agua en la cuenca del Ebro en el siglo XX*. Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza, 234 p.

Sáenz, C. & Valdés, J. (1952). *Informe acerca de las filtraciones que se acusan en la ladera derecha del pantano de Alloz (Navarra) en el río Salado*. Asesoría Geológica. Dirección General de Obras Públicas, Madrid, pp. 1-26.

Surian, N. & Rinaldi, M. (2003). Morphological response to river engineering and management in aluvial channels in Italy. *Geomorphology*, 50: 307-326.

Recursos online

Confederación Hidrográfica del Ebro. Cartografía. Disponible en <http://iber.chebro.es/geoportal/> [Última fecha de consulta: 5 de octubre de 2019]

Gobierno de Navarra: Meteorología y climatología de Navarra. Disponible en <http://meteo.navarra.es/estaciones/mapadeestaciones.cfm> [Última fecha de consulta: 15 de diciembre de 2019]

Gran Enciclopedia de Navarra. Central de Mañeru. Disponible en http://www.enciclopedianavarra.com/?page_id=13805 [Fecha de consulta: 2 de mayo de 2019].

Gran Enciclopedia de Navarra. Alloz. Disponible en http://www.enciclopedianavarra.com/?page_id=3101 [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2019].

Gran Enciclopedia de Navarra. Río Ubagua. Disponible en http://www.enciclopedianavarra.com/?page_id=19817 [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019]

Gran Enciclopedia de Navarra. Río Salado. Disponible en http://www.enciclopedianavarra.com/?page_id=18015 [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019]

Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra. Disponible en: <https://idena.navarra.es/> [Última fecha de consulta: 27 de diciembre de 2019]

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Anuario de aforos. Disponible en <https://sig.mapama.gob.es/redes-seguimiento/> [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2019]

Ministerio para la Transición Ecológica. Anuario de aforos. Disponible en <http://ceh-flumen64.interno.cedex.es/anuarioaforos/> [Última fecha de consulta: 2 de enero de 2020]

Servicio de Riqueza Territorial de Navarra. Disponible en <https://catastro.navarra.es/> [Fecha de consulta: 2 de febrero de 2019]