

GREENPEACE

2011

Noviembre

**VALORACIÓN DE LA DESCARGA DE
AGUAS DE REFRIGERACIÓN DE LA
C.N. GAROÑA AL RÍO EBRO Y DE SU
VIGILANCIA AMBIENTAL**


anbiotek

Ribera de Axpe 11 B-201
48950 ERANDIO
Tel. 94 608 11 78
Fax 94 608 17 51

anbiotek@anbiotek.com

LA2011-03-05

INDICE

1.-	FUNCIONAMIENTO DE LA CENTRAL EN RELACIÓN AL RÍO EBRO Y AUTORIZACIÓN DE VERTIDO	3
1.1.-	Central nuclear de Garoña	3
1.2.-	Embalse de Sobrón.....	5
1.3.-	Autorización de aguas de vertido de refrigeración de la central nuclear	6
1.4.-	Normativas de referencia al respecto.....	8
1.5.-	Vigilancia del vertido de aguas de refrigeración de la Central	9
1.6.-	Medida del incremento térmico.....	11
2.-	OBJETIVOS MEDIOAMBIENTALES Y EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA DEL RÍO EBRO	13
2.1.-	La Directiva Marco 2000/60/CE	13
2.2.-	Vigilancia del cumplimiento de objetivos medioambientales	13
2.3.-	Cumplimiento de objetivos en zonas protegidas	14
2.3.1.-	Zonas sensibles	15
2.3.2.-	Zonas de protección de hábitat o especies	15
2.4.-	Régimen hidrológico del Ebro	16
2.5.-	Seguimiento de la calidad del río Ebro	18
2.6.-	Seguimiento del estado trófico del embalse de Sobrón.....	20
2.7.-	Seguimiento del potencial ecológico del embalse de Sobrón.....	20
3.-	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE EFECTOS DE LA DESCARGA TÉRMICA DE LA CENTRAL.....	23
3.1.-	Incremento de temperatura	23
3.1.1.-	Estratificación del embalse.....	24
3.1.2.-	Caudal circulante y tasa de renovación del embalse.....	25
3.1.3.-	Extensión de la pluma térmica.....	26
3.2.-	Fisicoquímica del agua	29
3.2.1.-	Estado de oxigenación	29
3.2.2.-	Eutrofia.....	30
3.3.-	Elementos biológicos.....	31
3.3.1.-	Plancton.....	31
3.3.1.1.-	Dinámica de las comunidades planctónicas	31
3.3.1.2.-	Proliferación de cianofíceas	31
3.3.2.-	Zoobentos.....	31
3.3.3.-	Peces	32
4.-	VIGILANCIA POR PARTE DE GREENPEACE	33
4.1.-	Realización de muestreos termométricos	33
4.2.-	Estaciones de toma de muestras	33
4.3.-	Resultados	35
4.4.-	Respuestas de Nuclenor	36
5.-	DISCUSIÓN.....	37
5.1.-	Autorización de vertido y su vigilancia	37
5.2.-	Descarga térmica al río Ebro	38
5.2.1.-	Ámbito de localización.....	38
5.2.2.-	Descarga térmica y caudal circulante.....	39
5.2.3.-	Vigilancia del incremento térmico	42
5.2.4.-	Efectos de la descarga térmica en la calidad del agua	47
5.2.5.-	Efectos de la descarga térmica en la calidad ecológica del embalse.....	51
5.2.6.-	Sobre la capacidad del sistema natural para asumir la descarga térmica.....	51
5.2.7.-	Sobre la disponibilidad de caudal del río Ebro	52

5.2.8.- Sobre los condicionantes del mantenimiento de un sistema de refrigeración en abierto.....	54
5.3.- Físicoquímica del agua	55
5.4.- Estado trófico del embalse.....	56
5.5.- Comunidades biológicas	56
5.5.1.- Plancton.....	56
5.5.2.- Zoobentos.....	57
5.5.3.- Ictiofauna	57
5.6.- Riesgos ambientales	57
5.6.1.- Desoxigenación del hipolimnion.....	58
5.6.2.- Proliferación de cianofíceas	58
5.6.3.- Contaminación bacteriana.....	59
ANEXO. LISTADO DE Normativa	60

1.- FUNCIONAMIENTO DE LA CENTRAL EN RELACIÓN AL RÍO EBRO Y AUTORIZACIÓN DE VERTIDO

1.1.- Central nuclear de Garoña

La central nuclear Santa María de Garoña está situada en la mancomunidad de municipios de Valle de Tobalina (Burgos), en el margen izquierdo del río Ebro. Funciona mediante un sistema nuclear de producción de vapor formado por un reactor de agua ligera en ebullición, del tipo BWR-3, y recinto de contención del tipo 'Mark-1', suministrado por la empresa norteamericana General Electric.

En este tipo de centrales, la estabilidad del reactor depende de que se controle la cantidad de vapor en el núcleo, para lo que se han de mantener unas determinadas condiciones de presión y temperatura. Para la regulación de la temperatura las tuberías de vapor salen de la contención y son refrigeradas a través de un condensador refrigerado por agua más fría; que, en el caso de Garoña, procede de un circuito en abierto a partir de agua captada del río Ebro, que luego es devuelta de nuevo al cauce, a mayor temperatura.

De este modo, las necesidades de refrigeración de esta central nuclear requieren de 2 concesiones: una de captación de aguas dirigidas a la refrigeración del núcleo del reactor, y una segunda, de vertido a cauce de las aguas captadas una vez que han intercambiado calor con el circuito de refrigeración de la central, que es lo que se denomina descarga térmica de la central.

Según autorización de la confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante, CHE)¹, la concesión de vertido de aguas de refrigeración de la central se corresponde con un caudal instantáneo de $24,331 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, obtenido previamente del río Ebro y que en su mayor parte retornan al cauce.

No obstante, en el documento CHE (2009)² se dice que *"en el momento de otorgar la concesión, la CHE señaló la imposibilidad de garantizar ese caudal durante 100 días al año (el 27% de días), por lo cual el peticionario se comprometió a refrigerar empleando el agua existente en el vaso del embalse de Sobrón"*. Para el resto de días es el embalse de Arija en Reinosa el que proporciona agua suficiente, *"realizando desembalses significativos durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, y en algunos años antes de la época álgida de riego [verano] durante los meses de abril y mayo"*.

¹ CHE. 2007. Comunicación de revisión de autorización de vertido de aguas residuales procedentes de la Central Nuclear de Garoña. Referencia: 2007-S-56.

² CHE. 2009. Nota informativa de la CHE sobre la concesión de aguas y autorización de vertido para el servicio de la Central de Sta. María de Garoña, explotada por NUCLENOR.

Tal y como se señala en el borrador del Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro³, “las principales demandas de agua dulce para refrigeración en España se localizan en las centrales nucleares de la cuenca del Ebro: Ascó, con 2.270 Hm³·año⁻¹ y Sta. M^a de Garoña, 766 Hm³·año⁻¹; ambas tienen riesgo de no satisfacer las demandas e imponen rigidez a la explotación de los caudales del Ebro. Sin embargo, la central nuclear de Ascó cuenta con dos torres de refrigeración para garantizar las condiciones térmicas de devolución de los caudales al río”.

CENTRAL NUCLEAR DE GAROÑA	
Propietario	NUCLENOR SA (IBERDROLA + ENDESA)
Tipo	BWR
Potencia térmica	1.381 MW
Potencia eléctrica	466 MWh
Refrigeración	Sistema en abierto a partir de agua de la cola del embalse de Sobrón; mínima cota de explotación en embalse, 508 msnm.
Autorización de vertido	- 29 de Enero de 1990 - 18 de Octubre de 2007; actualización de la autorización por 5 años
EMBALSE DE SOBRÓN	
Propietario	IBERDROLA
Río	Ebro
Usos	Hidroeléctrico; refrigeración
Capacidad total	20,11 Hm ³
Longitud de embalse	10,2 Km.
Superficie del embalse	281,8 Ha.
Superficie de cuenca vertiente	4.670 Km ²
Cota de máximo embalsado	511 msnm
Cota de alivio	506 msnm
Profundidad máxima	33 m.
Profundidad de la termoclina	10-15 m.
Profundidad desagüe de fondo	23 m. desde cota de alivio (483 msnm)
Profundidad toma hidroeléctrica	8 m. desde cota de alivio (a 13 m. desde nivel máximo) (498 msnm)
Tiempo de residencia	< 1 mes
CENTRAL ELÉCTRICA DE SOBRÓN	
Propietario	IBERDROLA
Localización	Río Ebro, a 2 Km. aguas abajo de la presa de Sobrón
Potencia instalada	28,8 MWh
Caudal nominal de turbinación	80 m ³ ·s ⁻¹
Observaciones	La toma se encuentra en la margen izquierda de la presa. El agua se conduce por una tubería hasta la central, y el agua turbinada (entre 8 y 80 m ³ ·s ⁻¹) se devuelve al río en la cola del embalse de Puentelarrá.

Tabla 1. Características de la Central Nuclear de Garoña, y de otras infraestructuras asociadas.

³ Proyecto de Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro. Memoria (versión 2.0 de Octubre de 2010), pág. 91.

1.2.- Embalse de Sobrón

El embalse de Sobrón, construido en 1961, recibe la descarga térmica de la central nuclear. Sus usos son, por un lado, garantizar el caudal requerido por la central nuclear en su toma de agua: para ello ha de mantener un nivel de agua más o menos estable, coincidiendo con su máxima capacidad, por lo que su estado oscila entre el 85 y el 100% de su volumen total.

En la figura adjunta se puede ver que el volumen oscila entre los 17 y los 20 Hm³, y que el volumen de 2011 está siendo algo inferior a la media de los últimos 10 años, que se corresponde con un 90% de su capacidad.

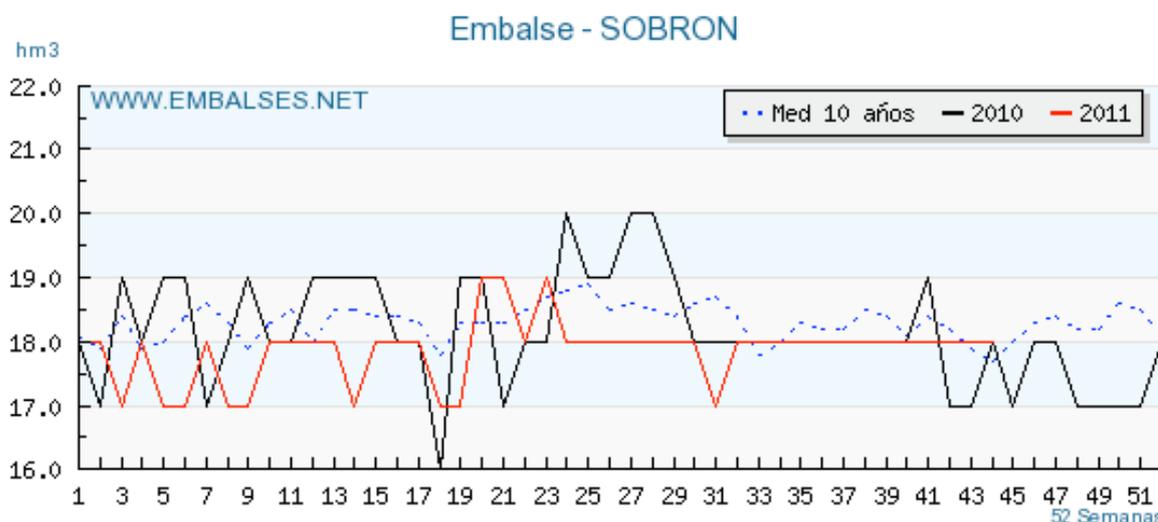


Figura 1. Variación del volumen embalsado en Hm³ (años 2010 y 2011, y comparación con la media de los últimos 10 años). Fuente: www.embalses.net.

De acuerdo a la documentación, el embalse de Sobrón presenta un tasa de renovación alta debido a su relativamente pequeño volumen (20,1 Hm³): en concreto, en 2009 ha sido de 5,37 veces al mes, con un tiempo medio de residencia de 8,71 días. No obstante, se trata de un embalse con una extensa cuenca vertiente, de modo que en invierno recibe importantes caudales, por lo que la renovación es mayor en esta época del año que en verano.

La presa posee una toma de agua en su margen izquierda, desde donde parte una tubería subterránea que lleva el agua hasta la central eléctrica de Sobrón, situada a 2 Km. aguas abajo de la presa. Esta agua es turbinada en la central y

devuelta allí mismo al río Ebro, en un punto situado al comienzo de la cola del embalse de PuenteIarrá.

1.3.- Autorización de aguas de vertido de refrigeración de la central nuclear

NUCLENOR obtuvo autorización de vertido de aguas al río Ebro el 29 de Enero de 1990. Con posterioridad, el Real Decreto 606/2003 de modificación del Reglamento de Dominio Público Hidráulico estableció la obligatoriedad de revisar todas las autorizaciones de vertido existentes, con el objeto de adecuarlas a los nuevos requerimientos establecidos en el mismo.

De este modo, y con fecha de 18 de Octubre de 2007 (expediente 2007-S-56)⁴, la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) comunicaba nueva resolución de autorización de vertido al río Ebro de aguas residuales procedentes de la central nuclear, entre cuyas aguas se encuentran las aguas de refrigeración.

El condicionado específico sobre estas aguas es el siguiente:

3ª - Límites del vertido - Frecuencia de análisis - Límites de inmisión

Aguas de refrigeración

	Medio	Máximo	Frecuencia de análisis
Volumen anual, menor de		720.000.000 m ³ /año	
Volumen diario, menor de	1.780.822 m ³ /día	2.102.198 m ³ /día	Continua
Caudal instantáneo		24,331 m ³ /s	Continua
pH, entre		6,5 y 9,5	Continua
Incremento de temperatura		3 °C	Continua

Las características fisicoquímicas de las aguas de refrigeración no deberán sufrir variación respecto al agua de captación, excepto la temperatura. En el río el máximo incremento admisible para la temperatura tras la zona de dispersión térmica, respecto a la temperatura aguas arriba, será en cualquier caso de 3 °C.

Tabla 2. Condicionado de la autorización de vertido de aguas de refrigeración al río Ebro

⁴ CHE. Resolución sobre revisión de autorización de vertido de aguas residuales procedentes la central nuclear. Fecha: 18 de Octubre de 2007.

Es decir, se especifica que:

- las características fisicoquímicas de las aguas de refrigeración no deberán sufrir variación respecto al agua de captación, excepto la temperatura;
- en el río el máximo incremento admisible para la temperatura tras la zona de dispersión térmica, respecto a la temperatura aguas arriba, será en cualquier caso de 3 °C, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, anexo IV, punto D, para el caso de que el tramo de río receptor no disponga de objetivos de calidad específicos;

A continuación, en el punto 7º sobre declaraciones analíticas, se señala que el titular remitirá a la CHE un informe periódico donde se reflejen los siguientes datos:

<ul style="list-style-type: none">• Mensualmente: seguimiento de la temperatura de la descarga térmica de la Central Nuclear de Santa María de Garoña. Asimismo, remitirá un informe mensual sobre la descarga de radioactividad al río Ebro. Además se enviará a esta Confederación la concentración de HOCl a pH = 6.• Trimestralmente: declaración analítica del vertido, en lo que concierne a caudal y composición del efluente (se incluirán todos los análisis de control de efluentes realizados en el trimestre).• Semestralmente: informe resumen de radioactividad del río Ebro.• Anualmente: declaración de las incidencias de la explotación del sistema de tratamiento y resultados obtenidos en la mejora del vertido. <p>Además con una periodicidad anual, deberá remitir un estudio Limnológico del Embalse de Sobrón, así como deberá realizar un seguimiento del estado ecológico del tramo de río Ebro aguas debajo de la presa de Sobrón. También, se enviará la analítica de los metales, cromo, cinc, fósforo y hierro, que deberá estar certificado por entidad colaboradora, o bien ésta realizará directamente el muestreo y análisis que implique el control.</p>
--

Tabla 3. Requerimientos de vigilancia ambiental del vertido de aguas de refrigeración

En documento 2007-S-56 de la Confederación Hidrográfica del Ebro (de 15 de Septiembre de 2008), se comunica la modificación de la condición 3ª de la resolución de revisión de autorización de vertido de fecha 18 de Octubre de 2007, si bien dicha modificación no afecta al condicionado de vertido de las aguas de refrigeración.

1.4.- Normativas de referencia al respecto

Entre las normas de referencia al respecto podemos citar las siguientes:

- De acuerdo al artículo 245, punto 3º, del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (aprobado por el Real Decreto 849/1986), *“la autorización de vertido tendrá como objeto la consecución del buen estado ecológico de las aguas, de acuerdo con las normas de calidad, los objetivos ambientales y las características de emisión e inmisión establecidas en este reglamento y en el resto de la normativa en materia de aguas.”*
- El punto D del anexo IV del Reglamento del Dominio Público Hidráulico también dice que en el caso de lagos y embalses, la temperatura de vertido no superará los 30 °C.
- El Anexo 3 del Real Decreto 927/1988 establece la calidad exigible a las aguas para la vida de los peces. Para el caso de aguas ciprinícolas, lo que sería exigible en el embalse, se establece que:
 - *“la temperatura media aguas abajo de un vertido térmico (en el límite de la zona de mezcla) no deberá superar la temperatura natural en más 3 °C”;*
 - *“el vertido térmico no deberá tener como consecuencia que la temperatura en la zona situada aguas abajo del punto de vertido térmico (en el límite de la zona de mezcla) supere los 28 °C”;*
 - *“el oxígeno disuelto deberá ser superior o igual a 7 mg O₂·l⁻¹ en el 50% de los casos; y cuando descienda por debajo de 4 mg O₂·l⁻¹ la autoridad competente deberá probar que no hay consecuencias perjudiciales para el desarrollo equilibrado de las poblaciones de peces”.*
- El Real Decreto 606/2003, de modificación del Reglamento de Dominio Público Hidráulico, precisa que *“la autorización de vertido tendrá como objeto la consecución de los objetivos medioambientales establecidos. Dichas autorizaciones se otorgarán teniendo en cuenta las mejores técnicas disponibles y de acuerdo con las normas de calidad ambiental y los límites de emisión fijados reglamentariamente. Se establecerán condiciones de vertido más rigurosas cuando el cumplimiento de los objetivos medioambientales así lo requiera”.*
- La Directiva europea 2006/44/CE señala que:
 - en aguas ciprinícolas (y salvo excepciones) *“la temperatura medida aguas abajo de un punto de vertido (en el límite de la zona de mezcla)*

no deberá superar la temperatura natural en más 3 °C” (esto ya está recogido por el Reglamento de Dominio Público Hidráulico),

- o al tiempo que señala que la frecuencia mínima de muestreo y medición será *“semanal, aguas arriba y abajo del punto de vertido térmico”*.
- De acuerdo a lo señalado por la Instrucción de Planificación Hidrológica ⁵, los vertidos de aguas de refrigeración de volumen superior a $0,1 \text{ Hm}^3 \cdot \text{año}^{-1}$, se considerarán fuentes puntuales de contaminación.

1.5.- Vigilancia del vertido de aguas de refrigeración de la Central

Como señala la propia Confederación Hidrográfica del Ebro ⁶, *“por parte del Area de Calidad de Aguas no se realizan controles termométricos en el entorno de la central ya que se consideran suficientes los que realiza el usuario [NUCLENOR]”*. Al mismo tiempo, se informa de la existencia de una red de estaciones de control en continuo (Red SAICA) donde consultar la temperatura de las aguas del Ebro, y se enumeran las estaciones más cercanas (se entiende que las más idóneas) para la realización por parte del interesado de la vigilancia del vertido de las aguas de refrigeración: la estación de Miranda de Ebro, situada 20 Km. aguas abajo de la presa de Sobrón (es decir, a unos 30 Km. por debajo del vertido de la central de Garoña); y la estación de Oña, en el río Oca (afluente del Ebro), y situada otros 30 Km. aguas arriba de Garoña.

Como ha quedado dicho, la vigilancia la realiza la propia empresa NUCLENOR en situación de autovigilancia. Para ello cuenta con la recogida de sus propios datos, así como de la asistencia de la empresa URS, empresa de amplia experiencia en este tipo de trabajos.

Las labores de vigilancia son las siguientes:

Nuclenor. Seguimiento mensual con registro de temperaturas en 3 puntos:

- Vertido de aguas turbinadas de la C.E. Quintana. Es decir, esta medida se realiza en las aguas de vertido, y no en el río Ebro tras el vertido de las aguas turbinadas.
- Toma de agua de la CN Garoña, a un metro por debajo de la superficie.

⁵ Orden ARM/2656/2008, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica. BOE 229 (2008).

⁶ CHE. Contestación al escrito de GREENPEACE de solicitud de información ambiental. Ref. 2010-ARU-212. Fecha: 31 de Enero de 2011.

- Sala de turbinas de la CE Sobrón (más concretamente en la tubería de refrigeración de cojinetes de la turbina), situada 2 Km. aguas abajo de la presa de Sobrón.

Se desconoce si se toman varias medidas al día o sólo una. En los documentos que NUCLENOR publica en internet (www.nuclenor.org) proporcionan un valor medio mensual para cada uno de los puntos señalados, que se supone es una media aritmética de las mediciones realizadas.

De acuerdo a un informe de URS correspondiente a la vigilancia de 2009⁷ se dice que *“el condicionado establece que los puntos de referencia para el cálculo de la diferencia de temperatura son el canal de entrada a la Central y la descarga de la CE de Sobrón”*. Sin embargo, esto no figura en la documentación disponible de autorización de vertido.

A su vez, **URS** realiza:

- Un estudio limnológico anual de todo el embalse. Los objetivos de este estudio anual son: evaluar los efectos de la descarga térmica y determinar el estado trófico del embalse⁸. Al mismo tiempo, se contrastan los resultados con los del período histórico 1998-2008, lo que permite conocer la evolución en el tiempo de las características limnológicas del embalse.

La realización de este estudio limnológico supone una visita mensual al embalse, de Febrero a Noviembre, en las que se realizan perfiles de temperatura y de otras variables de campo a lo largo de todo el embalse, recogida de muestras, etc.

- El seguimiento de la descarga térmica de la central nuclear, con reflejo en un documento anual, donde se recogen las series anuales de la temperatura de los puntos de referencia de seguimiento del condicionado, las diferencias registradas entre dichas series de temperatura y la interpretación de los resultados, de acuerdo también a los resultados del estudio limnológico anual del embalse.

⁷ URS. 2010. Seguimiento de la descarga térmica de la Central Nuclear de Sta. María de Garoña. Ciclo anual 2009. Informe Final. Elaborado para NUCLENOR en Enero de 2010. 36 pp.

⁸ URS. 2010. Estudio limnológico del Embalse de Sobrón. Ciclo 2009. Informe final. Informe no publicado, elaborado por URS para NUCLENOR en Julio 2010.

1.6.- Medida del incremento térmico

En el capítulo 2, de Metodología, del informe de seguimiento anual de la descarga térmica de la central correspondiente a 2009⁹, se especifica el 'procedimiento' de medida del incremento térmico originado por el vertido de las aguas de refrigeración de la central al río Ebro. Este 'procedimiento' es el siguiente:

1) De acuerdo al condicionado "los puntos de referencia para el cálculo de la diferencia de temperatura son el canal de entrada a la C.N. de Garoña y la descarga de la Central Hidroeléctrica de Sobrón".

De este modo, la temperatura del canal de entrada de la central nuclear sería la temperatura de referencia (temperatura antes del vertido térmico); y la temperatura de descarga de la central hidroeléctrica sería la temperatura de control (temperatura después del vertido térmico).

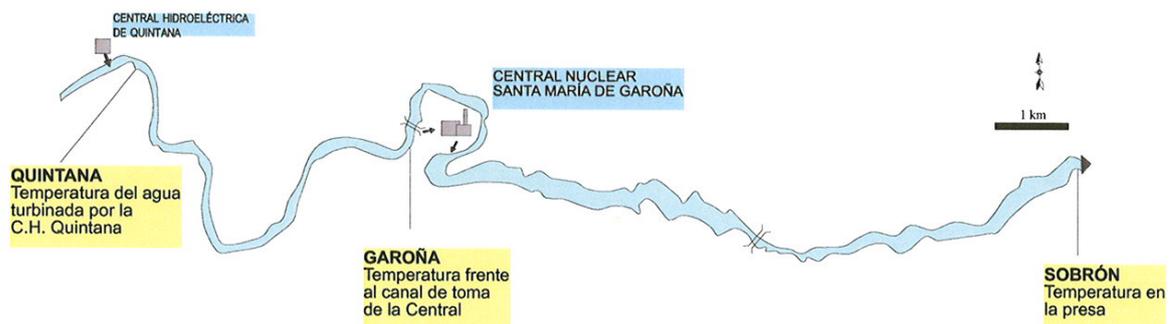


Figura 2. Puntos de medida de la temperatura, de acuerdo al documento de URS citado. Fuente: URS. 2010. Seguimiento de la descarga térmica de la C.N. Sta. M^a Garoña, ciclo anual 2009. Documento Final. Elaborado para NUCLENOR en Enero de 2010.

2) En concreto, los datos del canal de entrada de la central nuclear "son datos de temperatura diarios medidos a un metro por debajo de la superficie".

Y los datos de la central hidroeléctrica de Sobrón son datos de "temperatura diaria en la tubería de refrigeración de cojinetes de la turbina".

⁹ URS. 2010. Seguimiento de la descarga térmica de la Central Nuclear de Sta. María de Garoña. Ciclo anual 2009. Informe Final. Elaborado para NUCLENOR en Enero de 2010. 36 pp.

3) Al mismo tiempo se recogen datos de *“temperatura medidos diariamente en la descarga de la Central Hidroeléctrica de Quintana”,* pero no se especifica cual va a ser su destino.

Además, en la figura adjunta se señala como que las mediciones se realizan en el río Ebro, por debajo del vertido de la central, cuando se están midiendo en la propia central y no en el cauce.

4) Posteriormente, se indica que los datos de la central hidroeléctrica de Sobrón *“se transforman en temperatura integrada de la columna de agua en el embalse (zona presa) correlacionando el valor medio de las temperaturas que se toman en las campañas limnológica (perfil térmico desde la superficie al fondo en el mismo punto) con el valor puntual en la descarga de la C.H. de Sobrón”.* De esta correlación se obtiene una ecuación que cada año se modifica ligeramente al incorporar los datos del año finalizado, de modo que actualmente la ecuación dispone de datos desde 1998 hasta la fecha.

No se especifican más detalles sobre el procedimiento.

2.- OBJETIVOS MEDIOAMBIENTALES Y EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA DEL RÍO EBRO

2.1.- La Directiva Marco 2000/60/CE

El 23 de octubre del año 2000 se aprueba la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de agua (Directiva Marco del Agua). La DMA establece en materia de calidad de aguas una serie de objetivos ambientales que deberían alcanzarse por los Estados miembros, a más tardar, 15 años tras su entrada en vigor, esto es, en 2015 salvo justificación fundada para la que podrán admitirse prórrogas a 2021 y 2027.

De acuerdo al Real Decreto 907/2007¹⁰ del Reglamento de Planificación Hidrológica, y a la Orden ARM 2656/2008¹¹, que aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica, el vertido de las aguas de refrigeración de la central puede considerarse una presión significativa (esto es, con riesgo de incumplimiento de objetivos ambientales) sobre el medio, por lo que sus efectos habrán de ser evaluados.

2.2.- Vigilancia del cumplimiento de objetivos medioambientales

El control de vigilancia tiene como objetivo principal obtener una visión general y completa del estado de las masas de agua. Su desarrollo debe permitir concebir eficazmente programas de control futuros y evaluar los cambios a largo plazo en el estado de las masas de agua debidos a cambios en las condiciones naturales o al resultado de una actividad antropogénica muy extendida.

La red de control de vigilancia en ríos de la Demarcación del Ebro consta de 273 puntos de muestreo, para un total de 277 masas controladas, y de un total de 644 masas existentes en la Demarcación. A su vez, existe una 'red de control operativo', cuyo objetivo es hacer un seguimiento específico para aquellas masas de agua que se encuentren en riesgo medio o alto de no cumplimiento de objetivos.

¹⁰ Este Real Decreto fue modificado por el Real Decreto 1161/2010

¹¹ La instrucción de planificación hidrológica ha sido modificada por la Orden ARM 1195/2011

El estado de una masa de agua, en el contexto de la DMA, se define como el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones naturales y viene determinado por el peor valor de su estado químico y ecológico.

Uno de los compromisos del futuro Plan Hidrológico¹² al horizonte 2015 es el de conseguir que un 10,1% de las masas de agua estén en muy buen estado y que pudieran convertirse en su gran mayoría en reservas naturales fluviales. *“En conjunto el 85,3% de las masas de agua ríos conseguirán el buen estado ecológico en el 2015. Los incumplimientos del buen estado ecológico representarán el 11,8 % de las masas de agua ríos y necesitarán una prórroga de horizonte”.*

Siguiendo el borrador de plan hidrológico, *“en el caso de los embalses todavía no se tienen definidos los umbrales de estado o potencial definitivos, por lo que los datos aportados en la documentación del Plan Hidrológico serán muy mejorados en el desarrollo del Plan. Los informes del CEMAS, aun siendo preliminares, muestran que en torno al 85% de los embalses tienen un máximo, bueno o moderado potencial ecológico, y un estado trófico meso u oligotrófico en el 60% de los embalses”.*

Respecto al establecimiento de condiciones de referencia y objetivos ambientales en el caso del uso de la temperatura como indicador de las condiciones térmicas para el establecimiento de la calidad físico-química, *“se ha considerado que la selección de la temperatura del agua presenta serios inconvenientes a la hora de elegir los umbrales a aplicar, teniendo que realizar para su establecimiento ajustes con criterios más allá de la tipología, por lo que se han dejado estas condiciones fuera de la evaluación del estado químico del agua”¹³.*

2.3.- Cumplimiento de objetivos en zonas protegidas

Las zonas protegidas a tener en cuenta en la zona de estudio son del tipo de zonas sensibles y LICs.

¹² CHE. 2010. Proyecto de Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro. Normativa. Borrador versión 2.01 de Octubre de 2010. 298 pp.

¹³ CHE. 2010. Proyecto de Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro. Memoria. Borrador versión 2.0 de Octubre de 2010, página 152.

2.3.1.- Zonas sensibles

Las zonas sensibles son las declaradas en aplicación de la Directiva 91/271/CEE sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (modificada por la Directiva 98/15/CE), por riesgo de eutrofización por nutrientes.

El marco normativo para su designación lo constituye el Real Decreto Ley 11/1995 y su desarrollo en el Real Decreto 509/1996, y el RD 2116/1998 que modifica el anterior. Y es la Resolución de 23 de Junio de 2006 la que declara el embalse de Sobrón como zona sensible (Código 80 EBS02, embalse de Sobrón, contaminación por nitrógeno), lo que exige la adopción de medidas especiales para la reducción del aporte de nutrientes a cauces en el marco de la cuenca vertiente, así como un seguimiento específico de la calidad de sus aguas.

2.3.2.- Zonas de protección de hábitat o especies

Son aquellas zonas declaradas de protección de hábitat o especies en las que el mantenimiento o mejora del estado del agua constituya un factor importante de su protección, incluidos los Lugares de Importancia Comunitaria (Directiva 92/43/CEE), las Zonas de Especial Protección para las Aves (Directiva 2009/147/CE, versión codificada de la Directiva 79/409/CEE) y las Zonas Especiales de Conservación integrados en la Red Natura 2000 (Directiva 92/43/CEE). El marco normativo para la protección de estas zonas a nivel nacional está constituido por la Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

En general, para los ecosistemas ligados al agua, la Directiva 92/43/CEE y la Directiva 2000/60/CE tienen la finalidad común de mantener o conservar el estado ecológico de los ecosistemas, por lo que parece razonable el intento de compartir los protocolos y seguimiento del "estado de conservación" (en el caso de la Directiva 92/43/CEE) y del estado ecológico (en el caso de la DMA), cuya base conceptual tiene aspectos importantes en común, como es la integridad estructural y funcional del ecosistema. Por tanto, el estado de los LIC fluviales vendría dado por el estado de la masa de agua en que se encuentran.

El embalse de Sobrón forma parte del Registro de Zonas Protegidas elaborado por la Confederación Hidrográfica del Ebro, con las siguientes zonas de protección de hábitats o especies: LICs ES2110002 "Sobrón" y ES4120030 "Montes Obarenes", ZEPAs ES4120030 "Montes Obarenes" y ES0000245 "Valderejo-Sierra de Arcena").

2.4.- Régimen hidrológico del Ebro

El régimen del Ebro en Garoña está muy condicionado tanto por la labor regulatoria del embalse de Arija, en Reinosa, como por la amplia extensión de la cuenca vertiente de este punto (4.670 Km²), por lo que los caudales circulantes pueden sufrir grandes incrementos en momentos de fuertes lluvias en la cuenca.

En la zona no existen estaciones de aforo que permitan obtener una buena estadística de los caudales que llegan a la central y al embalse. Sólo se dispone de datos de la EA161, estación actualmente en desuso, y la EA001 de Miranda de Ebro, situada a más de 20 Km. aguas abajo, y que recibe las aguas de afluentes importantes que se incorporan por debajo del embalse de Sobrón.

En la tabla adjunta se presentan datos estadísticos de caudales aguas arriba de Garoña (EA161, Palazuelos, aguas arriba de la localidad de Frías), aportados por la Confederación Hidrográfica del Ebro en el vigente proyecto de plan hidrológico, y correspondientes al período 1962-1995; así como los correspondientes al Ebro en Miranda (EA001), para un período más amplio, e inferiores a los de la EA161. Hay que tener en cuenta que los datos originales son aportaciones anuales, y que los datos de caudal instantáneo (m³·s⁻¹) se han obtenido a partir de éstos, lo que resulta válido para hacerse una idea de los caudales medios, mientras que los valores que figuran como mínimo y máximo no se corresponden con el mínimo y el máximo registrados históricamente, sino con valores extremos “medios”.

Estación y Período		Media	Min	P1%	P5%	P10%	P25%	P50%	Máx
Ebro en Palazuelos (EA161)	Hm ³ ·año ⁻¹	1.284,67	761,56	762,67	767,09	807,20	1.001,68	1.230,72	2.004,06
	1962-1995	m ³ ·s ⁻¹	40,74	24,15	24,18	24,32	25,60	31,76	39,03
Ebro en Miranda (EA001)	Hm ³ ·año ⁻¹	1.230,37	111,85	191,31	512,42	801,16	1.066,65	1.196,34	1.958,29
	1940-2004	m ³ ·s ⁻¹	39,01	3,55	6,07	16,25	25,40	33,82	37,94

Tabla 4. Estadísticos básicos de las series medidas en las estaciones de aforo señaladas: aportaciones anuales ¹⁴.

Sin entrar a analizar en profundidad estos datos ni a valorar el hecho de que en Miranda sean inferiores a los de la EA161, cuando Miranda se encuentra 50 Km.

¹⁴ Proyecto de Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro. Memoria (versión 2.0, Octubre 2010), pág. 62.

aguas abajo, podemos tomar los datos de la EA161 y compararlos con los que aporta URS (son caudales elaborados a partir de los datos de turbinación y desembalse de Sobrón) en el último estudio para NUCLENOR¹⁵, donde se dice que la serie de caudal correspondiente al período octubre de 1998 a diciembre de 2009 presenta ciertas pautas:

- Caudales bajos, inferiores a los $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, que suelen tener lugar entre el final de la época de riegos y las primeras lluvias otoñales: período septiembre a octubre; se corresponde con la época de estiaje más severo, cuando finaliza ya el verano, el territorio ya está muy seco y a la espera de que comiencen las lluvias otoñales, que pueden comenzar incluso en septiembre, pero que en este ámbito geográfico no es raro que se retrasen hasta noviembre.
- Caudales entre los 20 y $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ durante la época de riegos, es decir, verano; en el caso del Ebro, la ausencia de precipitaciones estivales se ve compensada por la suelta continua de agua, fundamentalmente desde el embalse de Arija (gran reserva hídrica de la cuenca alta del Ebro), para dar respuesta a la importante demanda aguas abajo (fundamentalmente riegos, pero también como es éste caso, usos industriales).
- Caudales variables (20 - $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) en función de la intensidad de las lluvias y/o del proceso de deshielo durante los meses de otoño y de primavera.
- Caudales altos ($> 100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) y crecidas; se dan con mayor frecuencia en invierno (en 2009 se registró un caudal medio diario de $476 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Realizando una comparación entre estos datos y la tabla anterior, y teniendo en cuenta que son datos procedentes de distintas fuentes y períodos, podemos concluir que:

- los caudales inferiores a $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ son raros, aunque según los datos que aporta URS, entre 1998 y 2009 se registran casi todos los años caudales de poco más de $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en la parte final del estiaje (mes de octubre);
- y caudales superiores a los $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ serían muy raros;
- caudales entre 20 y $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ están dentro del percentil del 50%, por lo que circularían un promedio de la mitad de los días del año;

¹⁵ URS. 2010. Estudio limnológico del embalse de Sobrón, ciclo 2009. Informe técnico realizado por URS para NUCLENOR. Julio de 2010.

- el resto de caudales, los superiores a los $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, se corresponderían con el otro 50% de días del año, aunque el grueso de estos caudales oscilaría entre los 40 y los $60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

2.5.- Seguimiento de la calidad del río Ebro

En la recopilación de información realizada sobre la calidad actual del río Ebro ámbito de Garoña y sobre su seguimiento, hay que señalar que los datos existentes son escasos e incompletos.

La delimitación de las masas de agua existentes en la zona se puede consultar en: <http://iber.chebro.es/sitebro/sitebro.aspx>

En la tabla adjunta se ubican dichas masas según el orden natural del río, y se han añadido también las masas correspondientes a ambos embalses.

Masa	Descripción	Estado masa	Tipo masa	Red de control	Ubicación de punto de control
401	Río Ebro desde el río Molinar (Frías) hasta el río Purón. Longitud 11,2 Km.	Natural	115	Red de control operativo en ríos. Código 0832	Central eléctrica de Quintana Martín-Galíndez UTM: 478715, 4737250
797	Río Ebro desde el río Purón hasta la cola del Embalse de Sobrón. Longitud 4,1 Km.	Natural	115	Red de control operativo en ríos. Código 0833	Canal de descarga de C.N. Garoña UTM: 483900, 4736000
22	Embalse de Sobrón. Longitud 10,2 Km.	Muy Modificada	115	Red de control de vigilancia en embalses. Código E0022	Embalse de Sobrón UTM: 486702, 4734700
798	Río Ebro desde la Presa de Sobrón hasta C.E Sobrón y la cola del Embalse de Puentelarrá. Longitud 2,9 Km.	Natural	115	-	-
26	Embalse de Puentelarrá. Longitud 5,3 Km.	Muy Modificada	609	Red de control operativo en ríos. Código 0834	Central eléctrica de Sobrón UTM: 493350, 4734900
				Red de control de vigilancia en embalses. Código E0022	Embalse de Puentelarrá UTM496218, 4734880
402	Río Ebro desde el inicio del tramo modificado de Miranda de Ebro hasta el río Oroncillo. Longitud 1,5 Km.	Natural	115	-	-

Tabla 5. Masas de agua superficial (ríos y embalses) en la zona de la central nuclear de Sta. Mª de Garoña, y sus puntos de control

En cuanto a los objetivos ambientales exigibles a cada masa de agua, el diagnóstico de su estado actual y la asignación de riesgo de incumplimiento de objetivos ambientales para el primer horizonte de cumplimiento señalado por la Directiva Marco del Agua, esto es, 2015, los escasos datos encontrados se presentan en la tabla siguiente.

En general, hay que señalar que, al igual que existe en otras áreas de la Demarcación Ebro, la zona de Garoña es considerada en buen estado general, y el riesgo de incumplimiento de objetivos se considera bajo o se encuentra sin evaluar a día de hoy.

Se trata de una zona “complicada” en cuanto a realizar asignación de objetivos y establecer su seguimiento, debido a la existencia de la central nuclear, con un vertido importante de aguas de refrigeración que tiene lugar a la cola de un embalse (Sobrón) y no a una masa tipo río, embalse que deriva constantemente agua para una central hidroeléctrica (Sobrón) a cuyos pies se instala otro embalse (Puentelarrá).

Masa	Descripción	Red de control	Cumplimiento a 2015 (PHE)	Riesgo	Diagnóstico				
					Año	Bio	FQ	HM	EE
401	Río Ebro desde el río Molinar (Frías) hasta el río Purón	Control operativo. Código 0832	Cumple OMA (1)	Sin evaluar					Sin evaluar
797	Río Ebro desde el río Purón hasta la cola del Embalse de Sobrón. La central nuclear toma agua aquí	-	Cumple OMA (1)	Bajo					Sin evaluar
22	Embalse de Sobrón. La central nuclear vierte en su cola las aguas de refrigeración	Control operativo	(2)	Sin evaluar					(3)
798	Río Ebro desde la Presa de Sobrón hasta C.E Sobrón y la cola del Embalse de Puentelearrá	Control operativo	EE: Muy Bueno EQ: Bueno	Medio	2008	-	MB	-	MB
				Medio	2009	-	MB	-	MB
				Bajo	2010	-	MB	-	MB
26	Embalse de Puentelearrá	Control de vigilancia	(2)	Sin evaluar					(3)
402	Río Ebro desde el inicio del tramo modificado de Miranda de Ebro hasta el río Oroncillo	-	Cumple OMA (1)	Bajo					Sin evaluar

(1) Se da por supuesto el cumplimiento, aunque esta masa se encuentra sin evaluar.

(2) Pendiente de reasignación de objetivos ambientales

(3) Se realiza diagnóstico de potencial ecológico (ver tabla 7)

Tabla 6. Objetivos ambientales, indicadores asociados y diagnóstico de las masas de agua

2.6.- Seguimiento del estado trófico del embalse de Sobrón

Existen datos de determinación del estado trófico de este embalse desde 1996.

Desde 2003, el seguimiento del estado trófico del embalse de Sobrón se enmarca en el seguimiento de su potencial ecológico, que realiza anualmente la Confederación Hidrográfica del Ebro.

2.7.- Seguimiento del potencial ecológico del embalse de Sobrón

Desde 2003 la Confederación Hidrográfica del Ebro realiza una evaluación continua del potencial ecológico del embalse de Sobrón, de acuerdo a los requerimientos de la Directiva marco del agua, y de la legislación de adaptación al ordenamiento español.

Se dispone de los informes que presenta la CHE en su página sobre 'Calidad de las Aguas. Estudios e Informes'

http://195.55.247.234/webcalidad/es_estudios.htm#Embalses

donde se pueden consultar los informes de potencial ecológico del embalse de Sobrón para los años 2003, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2010.

De acuerdo a los estuarios de caracterización de la CHE, en algunos de los cuales ha participado la empresa URS, los embalses de Sobrón y Puentelarrá se consideran tipo 9: monomícticos (una única época de mezcla al año), calcáreos (Alcalinidad > $1\text{mEq}\cdot\text{l}^{-1}$), de zona húmeda y con cuenca vertiente superior a los 1.000 Km^2 .

Los resultados de la evaluación de potencial ecológico se presentan en la tabla adjunta para todos los años estudiados.

En el caso de 2009, estos resultados entran en contradicción con el diagnóstico de potencial ecológico que URS ha realizado para el embalse en 2009 en el marco del estudio limnológico anual que realiza para NUCLENOR. No obstante, y aunque este hecho es interesante, hay que tener en cuenta que los estudios que realizan la CHE y URS parten de recogidas de muestras propias, cada uno las suyas, y que la metodología de determinación del potencial ecológico difiere en algún aspecto entre ambos estudios.

Masa de agua		Ecotipo	Año	Estado trófico	PE exp biol	PE exp	PE norm biol	PE norm (1)	Observaciones y problemática	
22	Embalse de Sobrón. Desde cola situada 400 m a/ar de vertido de CN Garoña, hasta la Presa de Sobrón	Muy Modificada	9	1996	Eutrófico	-	-	-	-	Hipolimnion anóxico. Con SH2. Afección a zoobentos y a la comunidad de peces, en embalse y aguas abajo.
				2003	Mesotrófico - Eutrófico	-	-	-	Moderado	La baja transparencia y, sobre todo, la poca disponibilidad de oxígeno que presenta la columna de agua, indican que las condiciones del embalse no se pueden englobar dentro de la categoría de BUENO
				2006	Eutrófico	-	-	-	Deficiente	Baja transparencia
				2007	Mesotrófico				Moderado	Anoxia hipolimnética, baja transparencia
				2008	Mesotrófico	-	Deficiente	-	Deficiente	Anoxia hipolimnética, baja transparencia, mal estado fitoplancton
				2009	Mesotrófico	Malo	Malo	Moderado	Moderado	Baja transparencia
				2010	Mesotrófico	-	-	Máximo	Moderado	Anoxia hipolimnética, baja transparencia. Exceso de fósforo.
26	Embalse de Puentelarrá. Comienzo en vertido de la C.E. Sobrón.	Muy Modificada	9	2008	Oligotrófico	-	Moderado	Máximo	Moderado	
				2009	SD	SD	SD	SD	SD	
				2010	SD	SD	SD	SD	SD	No se pudo muestrear.

(1) POTENCIAL ECOLÓGICO: Propuesta normativa, en base a los indicadores que ya están intercalibrados, y que recoge así la Instrucción de Planificación Hidrológica. En la propuesta experimental se recogen diagnósticos donde las metodologías de análisis aún no han sido intercalibradas (= puede haber alguna diferencia en los límites entre clases de calidad).

Tabla 7. Evolución de los diagnósticos de estado trófico y de potencial ecológico de los embalses de Sobrón y Puentelarrá.

En 2009, el diagnóstico de la CHE de potencial ecológico (PE-norm) según normativa es 'Moderado', mientras que en el caso de URS es 'Bueno'; y el diagnóstico de potencial ecológico para todos los indicadores (estén intercalibrados o no), denominado potencial ecológico experimental (PE-exp), es 'Malo', mientras que URS aunque realiza valoraciones del estado de los distintos elementos del embalse, para el diagnóstico de potencial ecológico sólo utiliza los normativos (según Instrucción de Planificación Hidrológica vigente).

En 2010, la CHE ha simplificado la metodología de establecimiento de potencial ecológico, de acuerdo a las últimas modificaciones de la Instrucción de Planificación Hidrológica

3.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE EFECTOS DE LA DESCARGA TÉRMICA DE LA CENTRAL

3.1.- Incremento de temperatura

El embalse de Sobrón, construido en 1961, recibe la descarga térmica de la central nuclear, y es un hecho conocido por las gentes del lugar, y por colectivos como el de pescadores¹⁶, que sus aguas presentan más temperatura de lo normal debido a este hecho, lo que favorece la presencia de ejemplares de gran tamaño de algunas de las especies de interés deportivo.

Ya en 1996, LIMNOS (ahora URS) decía que¹⁷: *“La refrigeración de la C.N. de Santa María de Garoña incrementa la temperatura del agua del embalse de Sobrón. El agua de superficie alcanzó 31,5 °C en la zona de la central y 28,6 °C en la presa (en septiembre de 1990). El vertido de agua caliente produce el reforzamiento de la termoclina (la diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo es de 14-16 °C) en el periodo estival y también es un factor que favorece la eutrofia”.*

“El embalse se clasifica como eutrófico [...]. En septiembre de 1996 la anoxia alcanzaba la totalidad del hipolimnion (el agua anóxica aparece a 10 m de profundidad, que es el límite superior de la termoclina). En este caso, el volumen anóxico era de 5,6 Hm³ y afectaba a la toma hidroeléctrica. El agua anóxica puede presentar SH₂ (lo que se detectó en julio de 1991)”.

Posteriormente, en 2003, la empresa INFRAECO afirmaba que¹⁸: *“Del muestreo realizada el día 26/08/2003 se desprende que la temperatura del agua es alta, oscilando entre los 27 °C en superficie y los 13 °C en fondo. El embalse se encuentra totalmente estratificado y presenta dos marcados gradientes térmicos (termoclinas) a 7 y 14 metros de profundidad. Esta compartimentación espacial –dos termoclinas- se debe, principalmente, a la utilización del embalse para la refrigeración de la central nuclear de Santa María de Garoña”.*

¹⁶ <http://foros.embalses.net/showthread.php/5066-Embalse-de-Sobr%F3n-%28%2C1lava-Burgos%29>

¹⁷ LIMNOS. 1996. Diagnóstico y gestión ambiental de embalses en el ámbito de la Cuenca Hidrográfica del Ebro. Embalse de Sobrón. Informe técnico para Confederación Hidrográfica del Ebro. Diciembre 1996.

¹⁸ INFRAECO. 2003. Seguimiento de la calidad de las aguas en embalses de zonas sensibles. Embalse de Sobrón. Informe técnico para Confederación Hidrográfica del Ebro. Diciembre 2003.

En 2006, INFRAECO ¹⁹ vuelve a describir situaciones de estratificación de la masa de agua que, incluso, alcanzan el mes de Noviembre (en 2004): *“En el periodo estival la columna de agua presenta una acusada termoclina entre los 7 y 10 m de profundidad, que persiste hasta el mes de noviembre”*.

Según explica la empresa URS ²⁰, el embalse se calienta de marzo a septiembre, mientras que de octubre a febrero pierde calor. A su vez, *“el ciclo térmico natural se ve modificado por la descarga de la Central, la cual viene a ampliar el período de **estratificación**”*. De este modo, *“en verano y en la parte más profunda del embalse se forman **dos termoclinas**, una más superficial (entre 6 y 9 m.) y otra más profunda (entre 10 y 16 m.). La primera corresponde a la pluma térmica producida por la descarga de la Central, y la segunda, cuya profundidad viene determinada por la toma hidroeléctrica (altura de la toma de las turbinas), es la que se forma por efecto de la radiación solar”*.

3.1.1.- Estratificación del embalse

La estratificación de un embalse (o de otra masa de agua de gran volumen) es un fenómeno normal en su dinámica anual cíclica, provocado por los cambios de temperatura que sufre la masa de agua a lo largo del año, con un calentamiento más rápido de las capas superficiales frente a las capas más profundas; de modo que, finalmente, se produce una separación entre 2 subvolúmenes importantes del embalse: el hipolimnion, más frío y denso, que se sitúa en el fondo del embalse, y el epilimnion, más caliente y menos denso, que se sitúa por encima del primero. Esto ocurre en la época más cálida del año, y la zona de separación de ambos subvolúmenes se denomina termoclina. Esta termoclina es fácilmente identificable en los perfiles verticales que se realizan para medir la temperatura (entre otras variables) debido a que coincide con un salto notorio en el registro de la temperatura.

En este momento, epilimnion e hipolimnion quedan aislados entre sí, lo que da lugar a la aparición de una serie de procesos biológicos y químicos característicos de esta situación.

Cuando llega la estación fría, que en nuestro ámbito coincide con mayores precipitaciones (mayor caudal en el río, incremento del viento), la termoclina se rompe y los 2 subvolúmenes empiezan a mezclarse hasta que la temperatura se

¹⁹ INFRAECO. 2006. Ejecución de trabajos relacionados con los requisitos de la DMA en el ámbito del Ebro. Informe técnico para la Confederación Hidrográfica del Ebro. Diciembre 2006.

²⁰ URS. 2010. Estudio limnológico del Embalse de Sobrón. Ciclo 2009. Informe final. Informe no publicado, elaborado por URS para NUCLENOR en Julio 2010, página 11.

homogeneiza, más o menos, quedando un gradiente entre superficie y fondo, más suave y sin saltos.

De acuerdo al estudio realizado en 2009 por URS²¹, la dinámica limnológica del embalse de Sobrón distingue 2 épocas al año:

- época de mezcla, entre noviembre y febrero;
- época de estratificación, en la que el embalse sólo se renueva por encima de la toma hidroeléctrica (situada a 13 m desde el nivel máximo de llenado), de modo que las aguas epilimnéticas quedan separadas de las aguas del hipolimnion por una termoclina principal.

Y en Sobrón, existen condiciones específicas: *“En el embalse de Sobrón, el ciclo térmico natural se ve modificado por la descarga de la Central, la cual viene a ampliar [la duración de] el período de estratificación”.*

3.1.2.- Caudal circulante y tasa de renovación del embalse

En el informe limnológico correspondiente al ciclo 2009 y elaborado por URS se dice que la tasa de renovación del embalse (el número de veces que la masa de agua del embalse se renueva respecto a un período de tiempo) es alta, del orden de 5,4 veces al mes como media a lo largo de todo 2009. Otro modo de reflejar este dato es decir que el tiempo medio de residencia del embalse ha sido de 8,7 días durante 2009 (el tiempo de residencia es el inverso de la tasa de renovación).

Este es un argumento que se utiliza a menudo para decir que el alcance del calentamiento originado por la descarga térmica no puede ser alto puesto que la renovación de las aguas del embalse es muy rápida: es decir, a medida que las aguas se van calentando, salen del embalse río abajo, bien aliviadas por la presa o bien previo paso por la central eléctrica de Sobrón.

No obstante, a continuación se señala que la tasa de renovación no es constante en el año, y que en Noviembre de 2009 se da la tasa más baja del año, con 4,2 veces al mes.

Y que, debido a la estratificación, el embalse sólo se renueva por encima de la toma hidroeléctrica, (que coincidiría con la profundidad a la que se instala la

²¹ URS. 2010. Estudio limnológico del Embalse de Sobrón. Ciclo 2009. Informe final. Informe no publicado, elaborado por URS para NUCLÉNOR en Julio 2010.

termoclina del embalse) de modo que serían las aguas epilimnéticas las que participarían en la renovación, mientras que las hipolimnéticas quedarían aisladas. De este modo, calculan también cual sería la tasa de renovación del epilimnion, siendo la más baja en septiembre, con 2,2 veces.

3.1.3.- Extensión de la pluma térmica

El concepto de pluma térmica supone que la descarga de la central, más caliente (y por ello menos densa) que la masa de agua receptora, se “desliza” sobre ésta hasta que pierde temperatura y tiende a mezclarse con la capa subyacente. Es un concepto similar al de zona de dispersión o zona de mezcla para un contaminante.

Esta pluma o capa más caliente coexiste con una masa de agua embalsada que va incrementando su temperatura de marzo a septiembre, tanto por causas naturales (acción solar) como por la mezcla con la propia pluma en los lugares en que ésta se debilita.

De acuerdo al estudio limnológico de URS, la extensión de la pluma se ve condicionada por el caudal circulante por el río, lo que se refleja de 2 modos:

- con caudales bajos, la pluma se “extiende” hacia aguas arriba de la descarga de la central, de modo que alcanza la propia toma de agua e, incluso, la supera y puede llegar hasta el límite superior de la cola del embalse;
- del mismo modo, con caudales bajos, *“la descarga térmica de la central forma una pluma térmica estable a lo largo del año, que en condiciones de la Central a plena potencia se extiende desde la Central hasta la presa”*, situada a unos 12 Km. aguas abajo.

A su vez, esta pluma térmica ocuparía desde la superficie hasta 4-5 m. de profundidad y el agua de origen fluvial, más fría, circularía por debajo de ella.

En el estudio de 2009, URS presenta la realización de un estudio estadístico entre la serie de caudales circulantes por el Ebro y los resultados de los perfiles mensuales de temperatura que realizan en el embalse. El dato más importante que presentan es que el inicio de la pluma se encuentra en equilibrio con el caudal del río cuando éste es de $35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, de modo que con caudales más bajos habría retorno de la pluma a la toma de la central.

No obstante, en el documento (pág. 13) se presenta una tabla con el alcance de la pluma térmica a lo largo del año 2009, con una extensión mínima de unos 13 Km. y de 22,4 Km. en su momento más álgido. Esta pluma se ha representado en la imagen siguiente, para una mejor comprensión de su extensión.

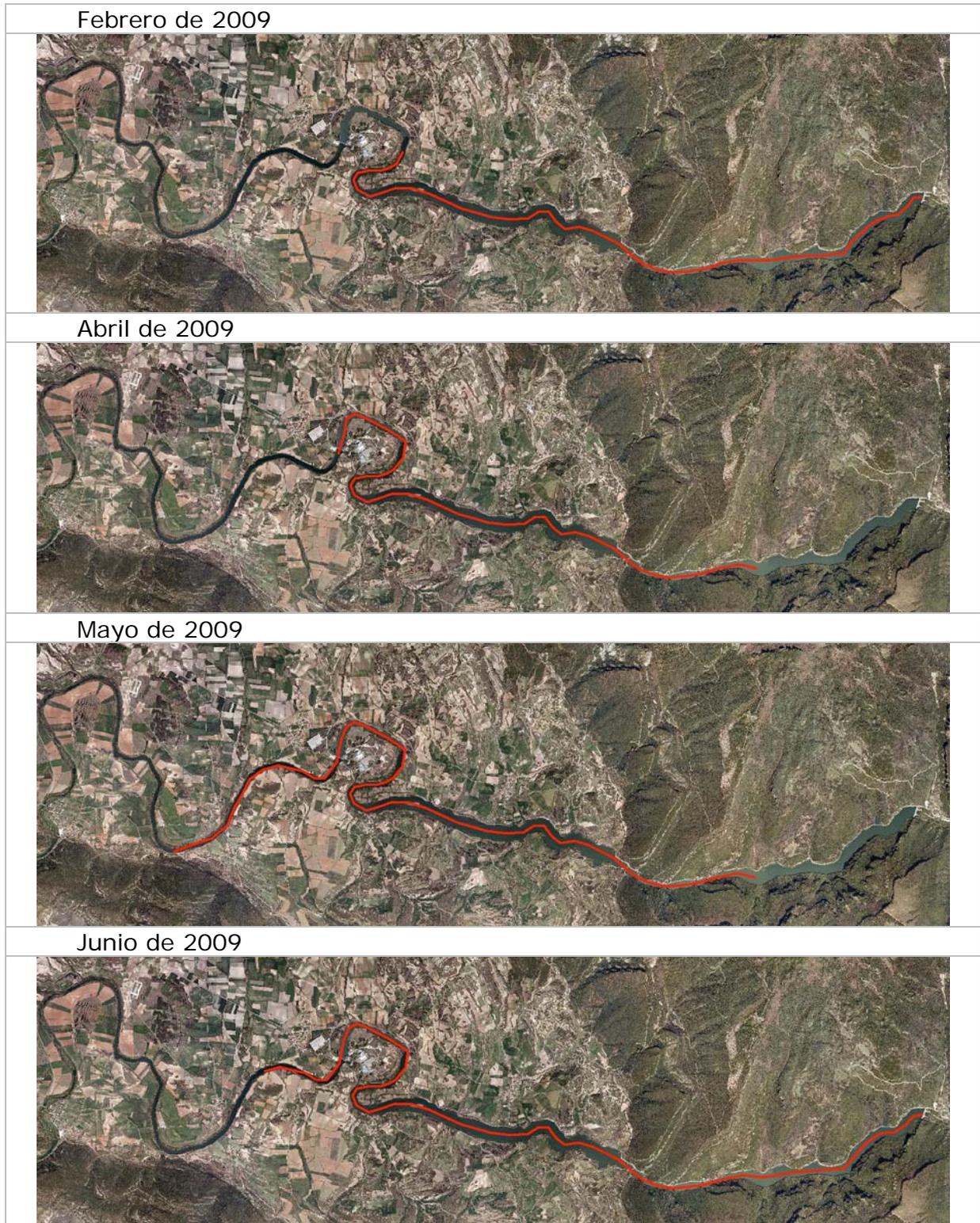


Figura 3. Extensión de la pluma térmica generada por el vertido de aguas de refrigeración a lo largo del año 2009. Elaboración propia de acuerdo a los datos del informe limnológico de URS para Confederación Hidrográfica del Ebro (URS, 2010).

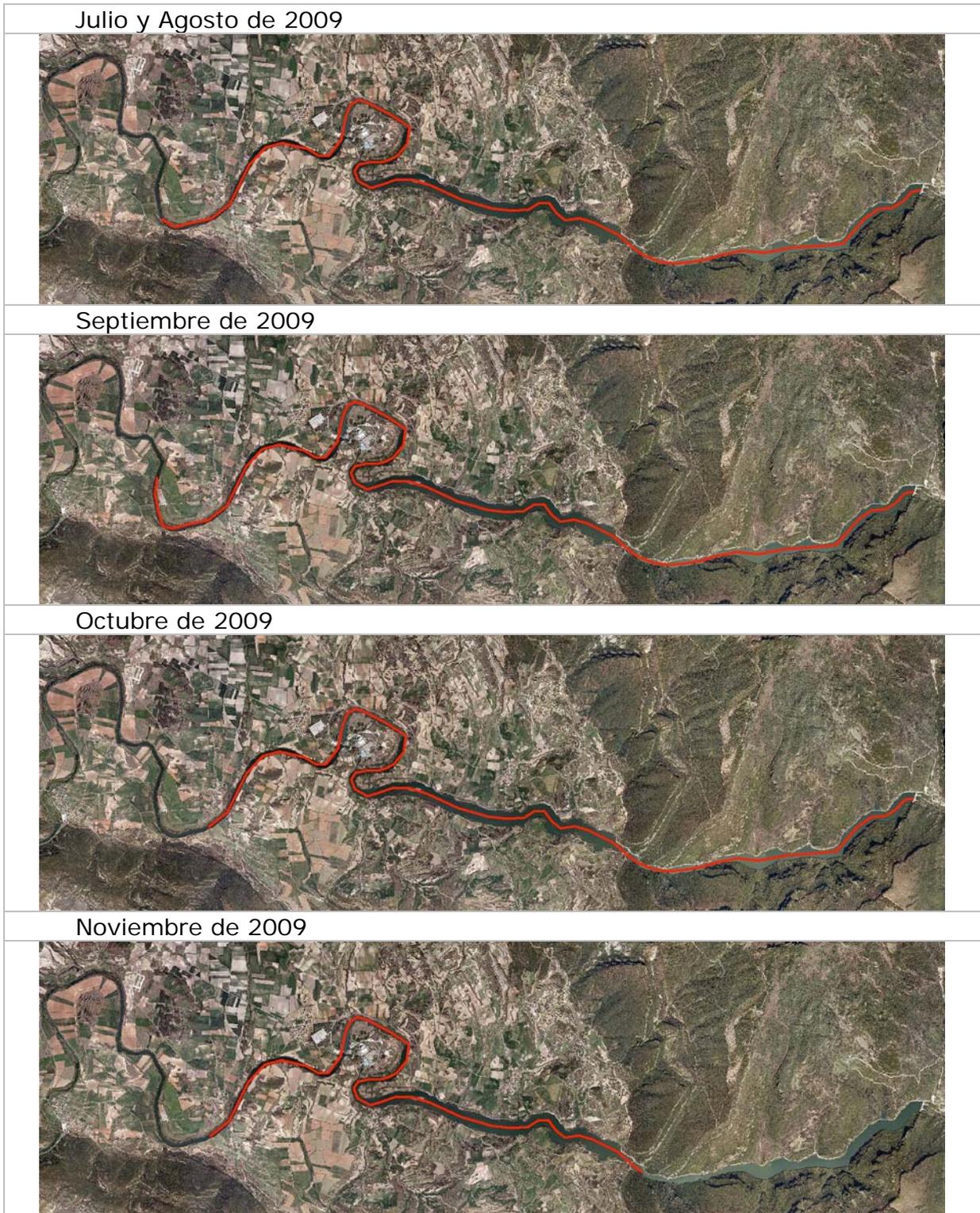


Figura 3 (continuación). Extensión de la pluma térmica generada por el vertido de aguas de refrigeración a lo largo del año 2009. Elaboración propia de acuerdo a los datos del informe limnológico de URS para Confederación Hidrográfica del Ebro (URS, 2010).

3.2.- Físicoquímica del agua

Mientras se produce la estratificación de las aguas del embalse cada una de las partes (epilimnion, arriba, e hipolimnion, abajo) evoluciona por separado y se generan características diferenciadas en cada caso. Estas distintas "dinámicas" ocurren en todas las masas de agua, artificiales (embalses) o no (lagos), y dependen fundamentalmente de la química de las aguas que drenan a la masa de agua y de la evolución del régimen de temperaturas del agua.

De acuerdo al informe limnológico de URS (2009) se puede decir que:

- La descarga térmica favorece la decantación de sólidos en suspensión (orgánicos e inorgánicos), lo que implica un incremento de la turbidez en las aguas profundas
- En el caso de Sobrón, son las aguas profundas las que están más mineralizadas (presencia de sustancias disueltas procedentes del lavado del terreno que atraviesan las aguas de los ríos vertientes al embalse), al tiempo que la existencia de la pluma térmica (aguas menos densas) aleja las aguas fluviales (menos mineralizadas en verano, por proceder de los embalses) desde la superficie hacia el fondo.
- El calentamiento de las aguas provoca la sustitución de las especies biológicas por otras de tipo más termófilo.

3.2.1.- Estado de oxigenación

De modo normal, el aislamiento que sufre el hipolimnion durante la estratificación del embalse hace que progresivamente se vaya consumiendo el oxígeno hipolimnético desde las capas más profundas de agua hacia las capas más superficiales. El alargamiento en el tiempo de la estratificación provocado por la descarga térmica se acompaña de una "cierta" reducción adicional del oxígeno disuelto debido a que se intensifica el consumo de sus reservas en el hipolimnion.

De acuerdo al estudio de URS ²², durante el periodo de mayo a octubre, con la estratificación térmica bien establecida, el gradiente vertical de oxígeno es muy acusado y la anoxia comienza entre los 12 y 15 m.

²² URS. 2010. Estudio limnológico del Embalse de Sobrón. Ciclo 2009. Informe final. Informe no publicado, elaborado por URS para NUCLENOR en Julio 2010.

En años anteriores, también se han identificado importantes zonas anóxicas en el embalse: así, en Septiembre de 1996²³ se dice que *“la anoxia alcanzaba la totalidad del hipolimnion (desde los 10 m. de profundidad, límite superior de la termoclina)”*; y en 2003²⁴, que *“a partir de los 13 m. de profundidad el embalse presenta valores inferiores a 1 mg O₂·l⁻¹, lo que supone que la mitad de la columna de agua se encuentra en condiciones anóxicas”*.

3.2.2.- Eutrofia

En cuanto al nivel de nutrientes (grado de eutrofia), el nitrógeno y el fósforo tienen un origen principal en la actividad humana, fundamentalmente agropecuaria, así como de los vertidos domésticos que tienen lugar en la cuenca.

El embalse de Sobrón está clasificado como zona sensible a la contaminación por Nitrógeno, y en la propuesta de Plan Hidrológico también figura como tal. A su vez, en los diagnósticos anuales de potencial ecológico, se identifican año tras año problemas por exceso de Fósforo.

Un problema originado por el exceso de nitrógeno es la formación de amonio. Cuando el oxígeno se va consumiendo por la acción bacteriana en el hipolimnion, empieza a darse un incremento de los nitritos a costa de los nitratos (hasta valores de 0,15 ó superiores; niveles tóxicos para la fauna), así como del fósforo, por redisolución. Cuando el oxígeno se agota se da una reducción del pH y el nitrógeno pasa a amonio, al tiempo que empeora la calidad del agua.

Con respecto al fósforo pasa algo similar. A lo largo del periodo de estratificación el fósforo experimenta un transporte activo desde el epilimnion hasta el hipolimnion. En la zona iluminada del epilimnion es asimilado por el fitoplancton, el cual posteriormente sedimenta o es consumido. Una vez en el hipolimnion el plancton se descompone y se libera el fósforo. Estos mecanismos explican el descenso de la concentración que se observa en las aguas superficiales y el enriquecimiento en las profundas.

En Sobrón, la descarga térmica actúa prolongando el período de estratificación natural, lo cual puede potenciar los efectos negativos de la eutrofia, manteniendo durante más tiempo el agua hipolimnética sometida al consumo de oxígeno.

²³ LIMNOS. 1996. Diagnóstico y gestión ambiental de embalses en el ámbito de la Cuenca Hidrográfica del Ebro. Embalse de Sobrón. Informe realizado para la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

²⁴ INFRAECO. 2003. Seguimiento de la calidad de las aguas en embalses de zonas sensibles. Embalse de Sobrón. Informe para la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

3.3.- Elementos biológicos

3.3.1.- Plancton

3.3.1.1.- Dinámica de las comunidades planctónicas

Las comunidades planctónicas son aquéllas que viven “flotando” en la columna de agua, por lo que su distribución y desarrollo está ligada a los movimientos de ésta: durante la estratificación las capas de agua son más estables, por lo que las comunidades ligadas a esta situación alcanzarán más desarrollo. Por el contrario, la mayor renovación del embalse o la mezcla que se inicia tras la rotura de la estratificación, provocan la sucesión de distintas comunidades de acuerdo a las nuevas condiciones fisicoquímicas que se van generando.

En otro orden de cosas, el calentamiento del agua favorece la presencia de especies termófilas más allá de la época estival; es decir, permanecen durante más tiempo que si no habría ese calentamiento.

3.3.1.2.- Proliferación de cianofíceas

En los embalses eutróficos existe riesgo de que se produzcan proliferaciones de algas. Si éstas son cianofíceas pueden producirse pérdidas de la calidad del agua para abastecimiento, y para otros usos (baños, deportes náuticos); además pueden formarse natas densas lo que origina la pérdida de los valores paisajísticos y es origen de malos olores. Algunas especies de cianofíceas tienen cepas tóxicas, por lo que la detección y evaluación de la toxicidad de las proliferaciones que se producen en algunos embalses se ha convertido, en la actualidad, en un problema sanitario de primer orden.

No obstante, la presencia de cianofíceas no parece constituir problema en Sobrón, y no se han descrito formaciones de blooms de estas algas.

3.3.2.- Zoobentos

Las especies bentónicas son las que viven en el fondo de una masa de agua. En concreto, en el caso del embalse se habla de zoobentos, especies animales del lecho.

Se han identificado efectos indirectos sobre el zoobentos que habita el tramo de embalse situado entre los perfiles S-6 y S-12, es decir, el zoobentos de la zona profunda del embalse. Esta zona es donde se produce anoxia y empeoramiento

de la calidad durante el período de estratificación natural, por lo que si se modifica la duración del episodio anóxico, se genera una afección al zoobentos.

Aunque el calentamiento no afecta al zoobentos directamente, el alargamiento del periodo de estratificación incrementa la anoxia del hipolimnion (como se ha comentado anteriormente), empobreciendo el bentos en las zonas profundas según especifica el informe limnológico del URS, correspondiente al ciclo 2009. También se citan cambios en la abundancia del zoobentos en la zona de influencia de la descarga.

Con respecto al mejillón cebra, especie introducida en expansión en la cuenca, es muy abundante en el embalse, hasta el punto de ser la especie planctónica dominante. Esta especie encuentra en las aguas cálidas del embalse un hábitat ideal para vivir, y obliga a las instalaciones

3.3.3.- Peces

De acuerdo al estudio limnológico de URS se generan 2 capas de aguas de diferente temperatura: la pluma térmica y la capa subyacente, más fría. Ambas capas delimitarían hábitats ocupados por especies diferentes:

- en la zona más caliente se desarrollan poblaciones de perca americana y pez sol (especies típicas de aguas cálidas y ambas depredadores introducidos), y también de carpa y barbo;
- y en la zona más fría, se desarrollan poblaciones de barbo y madrilla, las especies autóctonas más representativas.

El hipolimnion y, en general, las zonas con bajos niveles de oxígeno, estarían libres de la presencia de ictiofauna.

4.- VIGILANCIA POR PARTE DE GREENPEACE

4.1.- Realización de muestreos termométricos

El tramo de río Ebro sometido a estudio es el comprendido entre el casco urbano de Frías y la presa de Sobrón, ambos enclaves localizados en Burgos, lo que supone una longitud de río de unos 26 Km.

A lo largo de 2011, se han realizado 3 muestreos de este tipo: los días 9 de Febrero, 20 de Mayo y 29 de Agosto.

4.2.- Estaciones de toma de muestras

A continuación se presentan las estaciones de medición de temperatura en el río Ebro, y en la página siguiente su ubicación en fotografía aérea. Todas las estaciones se han posicionado respecto a un punto de origen localizado en el puente viejo de Frías, con el fin de conocer la distancia relativa entre los puntos.

Masa de agua	Descripción de la masa de agua	Estación	Cauce	UTM-x	UTM-y	Localidad	Distancia a Frías (Km.)	
401	Río Ebro desde el río Molinar (Frías) hasta el río Purón	E1	Ebro	477113	4734281	Frías	2,0	
		Vertido C.E. Quintana						
		E2	Ebro	478836	4737274	Central de Quintana	6,6	
		Inicio régimen lenítico: ámbito de la cola del embalse						
797	Río Ebro desde el río Purón hasta la cola del Embalse de Sobrón.	E3	Ebro	480082	4734605	Cuezvo	10,0	
		E4	Ebro	481770	4735931	Barcina del Barco	12,0	
		E5 BIS	Ebro	482530	4735723	Barcina del Barco	13,0	
		E5	Ebro	482855	4736053	Central de Garoña	13,8	
22	Embalse de Sobrón. Desde cola situada 400 m a/ar de vertido de CN Garoña, hasta la Presa de Sobrón	E6	Ebro	483602	4736388	Mijaraluenga	15,0	
		E7 BIS Vertido	Descarga de la central	483063	4735603	Central de Garoña	16,4	
		E7	Ebro	483462	4735158	Sta. Mª de Garoña	16,8	
		E8	Ebro	487388	4734331	Puente de Tobalinilla	21,2	
		E9 (Presa)	Ebro	491890	4735242	Presa de Sobrón	26,0	

Tabla 8. Estaciones de medición de temperatura en el río Ebro por parte de GREENPEACE.

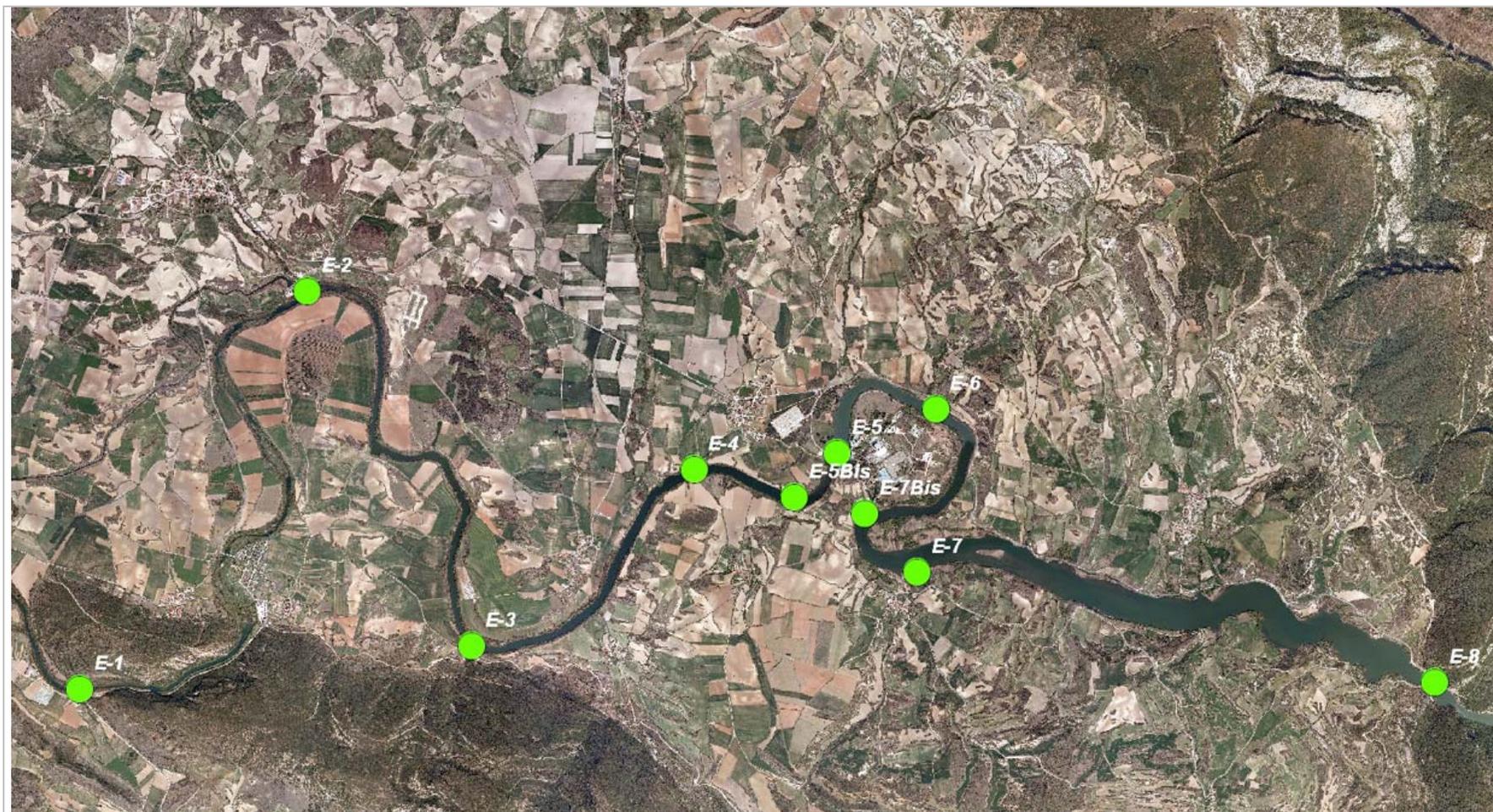


Figura 4. Localización de las estaciones de muestreo de GREENPEACE.

4.3.- Resultados

Las temperaturas recogidas corresponden a temperaturas en superficie, y sólo se han realizado mediciones a varias profundidades en la estación E-8. La metodología empleada ha sido la normal en estos casos, y de acuerdo a la norma UNE-EN ISO-5667-1 (2007). Sí que es cierto que lo ideal habría sido realizar las mediciones de temperatura en el centro del cauce mediante una embarcación, pero se considera que las variaciones centro-orilla son despreciables frente al fenómeno que se está describiendo. De todos modos, tanto en los puntos vadeables como en aquéllos con puentes, se procedió a la medición en el centro de la vena de agua

A continuación se presentan los resultados de las mediciones efectuadas en la tabla adjunta.

Masa de agua	Descripción de la masa de agua	Estación	Febrero 2011 (20110209)	Mayo 2011 (20110520) (1)	Agosto 2011 (20110829)
401	Río Ebro desde el río Molinar (Frias) hasta el río Purón	E1	6,5	16,5	18,1
		Vertido Central Hidroeléctrica de Quintana			
		E2 (2)	5,7	16,7	19,9
		Inicio régimen lenítico: ámbito de la cola del embalse			
797	Río Ebro desde el río Purón hasta la cola del Embalse de Sobrón.	E3	5,3	17,0	19,3
		E4	10,2	17,1	19,6
		E5 BIS	15,3	17,9	23,0
		E5 (3)	15,2	18,1	26,1
22	Embalse de Sobrón. Desde cola situada 400 m a/ar de vertido de CN Garoña, hasta la Presa de Sobrón	E6	18,5	19,8	27,1
		E7 BIS Vertido	24,3	-	30,9
		E7	21,0	21,1	30,2
		E8	16,1 (10:45 h.)	20,2 17,0 a 5 m prof.	27,6 (10:48 h.)
			17,2 (14:40 h.) 15,7 a 5 m. prof.		28,9 (15:25 h.) 27,7 a 5 m. prof.
E9 (Presa)	(4)	(4)	26,5		

- (1) Durante esta campaña, la central nuclear se encontraba en parada
- (2) La medida se realiza por debajo del vertido de aguas turbinadas de la central hidroeléctrica
- (3) La medida se realiza en el puente de acceso a la central
- (4) No medido.

Tabla 9. Resultados de las campañas de medición de temperatura realizadas por GREENPEACE.

4.4.- Respuestas de Nuclenor

Algunos de los argumentos presentados por la empresa NUCLENOR en diversas notas de prensa a lo largo de 2011, en respuestas a los informes presentados por GREENPEACE, son los siguientes:

- El informe sobre el seguimiento de la descarga térmica de la central nuclear de Santa María de Garoña correspondiente al año 2010 elaborado por la consultora URS para Nuclenor y remitido a la Confederación Hidrográfica del Ebro señala en sus conclusiones que *«a lo largo de 2010 se cumple con el condicionado referente a las aguas de refrigeración de la Autorización de Vertido de las Aguas Residuales de la central nuclear de Santa María de Garoña, excepto en dos circunstancias excepcionales, en la que se habría producido una situación semejante incluso sin la presencia de la central»*.

Más adelante, el mencionado informe señala que en las dos circunstancias excepcionales mencionadas (en enero y diciembre) *«las temperaturas que se consideran en el calculo del incremento, tanto en Garoña como en la presa de Sobrón, son muy bajas, por lo que el mencionado incremento carece de significado ecológico en el contexto regional donde se encuentra el embalse y, consecuentemente, no afecta en absoluto al embalse »*.

- La temperatura integrada en el embalse de Sobrón (de donde se toma el agua necesaria para la refrigeración de la central) se mantuvo entre 5,0 y 19,6°C a lo largo de 2010. Estas temperatura, señala el informe de URS son compatibles con lo establecido en la legislación vigente
- El agua circula a través de los tubos del condensador principal para la refrigeración del vapor y se devuelve íntegra a río, sin consumo, y con un ligero incremento en su temperatura.
- El caudal de agua necesario para la operación de la central está asegurado por el propio caudal del río Ebro.
- Respeto al impacto térmico provocado por el funcionamiento de la instalación, éste se ve muy reducido por el elevado volumen de agua presente en los 12 kilómetros del embalse de Sobrón.
- Por otro lado, es necesario señalar que desde el comienzo de la operación de la central nuclear de Santa María de Garoña nunca ha tenido que detener su producción por falta de caudal de refrigeración del río Ebro.

5.- DISCUSIÓN

5.1.- Autorización de vertido y su vigilancia

En 2009 señalaba la Secretaria de Estado de Cambio Climático ²⁵ que *“con arreglo a la información disponible a fecha de hoy, las obligaciones derivadas de la DMA y la legislación aplicable en materia de planificación hidrológica (RD907/2007 y la Orden ARM/2656/2008), la autoridad hidráulica hubiera denegado o condicionado de modo mucho más severo las condiciones en que se producen toma y vertido”*.

Y continuaba diciendo: *“Es imprescindible por ello, analizar las condiciones de caudal y temperatura actuales y, adicionalmente, los escenarios hídricos compatibles con los escenarios climáticos a medio y largo plazo”*.

Fue en 2003 cuando el Real Decreto 606/2003 (que modificaba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico) introducía en la legislación de vertidos el enfoque combinado señalado en la Directiva Marco del Agua, y cuyos pilares básicos son el establecimiento tanto de valores límite de emisión, como de normas de calidad ambiental, y especifica los elementos de control que hay que incluir en el condicionado.

Aparte de considerar que la autorización otorgada en 2007 pudiera ser denegada o condicionada más severamente en el futuro, bien en 2009 o en 2012, cuando deba ser renovada, lo que parece claro es que la vigilancia que se viene realizando desde 1998 al vertido de aguas de refrigeración se puede valorar como poco clara desde el punto de vista de su procedimiento, y a la luz de la documentación consultada; y cargada de contradicciones y puntos oscuros.

Además, también hay que valorar de modo negativo que tanto la vigilancia de temperaturas como el seguimiento del embalse de Sobrón, que se realizan desde 1998 al amparo de el vertido y su autorización, no hayan traído en todo este tiempo ninguna mejora o cambios sustanciales tanto en el modo de refrigeración de la central (volúmenes de agua, tecnologías, etc.) como en el de su vigilancia: no se ha implementado un sistema de medición automática en el río, no se ha modificado el procedimiento de medición del incremento de temperatura que, cuando menos, se puede calificar de kafkiano, ni se han generado modificaciones aunque sean leves, fruto de cambios en la respuesta ante incidencias ocurridas en estos años, o justificadas por una espíritu de mejora continua en aras de una mayor protección al medio ambiente.

²⁵ SECRETARIA DE ESTADO DE CAMBIO CLIMÁTICO. Memoria sobre consideraciones ambientales relativas a la solicitud de prórroga de la autorización de explotación de Sta. María de Garoña. Fecha: 1 de julio de 2009.

Y por otra parte, queda sin resolver en este caso un concepto fundamental en la vigilancia del vertido, que es el de la "zona de mezcla". Cuando se especifica en la autorización que *"el máximo incremento admisible para la temperatura tras la zona de dispersión térmica [zona de mezcla] será en cualquier caso de 3 °C"* se abre una puerta a la imposibilidad de realizar una correcta vigilancia del vertido si, como es el caso, no se define a continuación o en un documento adyacente el modo de establecer esa zona de dispersión, y el procedimiento de actuación en el caso de que esa zona de dispersión pueda ser más o menos variable en extensión a lo largo del año, en función de la temperatura ambiental, del caudal del río y de las variaciones en el propio vertido.

A este respecto, el Real Decreto 60/2011, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, en su capítulo III, introduce algunas precisiones al respecto, y establece que las zonas de mezcla *"tendrán una extensión que estará limitada a las proximidades del punto de vertido y será proporcionada atendiendo a las concentraciones de contaminantes en el punto de vertido, a las condiciones establecidas en la autorización de vertido correspondiente y en cualquier otra normativa pertinente, de conformidad con la aplicación de las mejores técnicas disponibles"*.

En los informes de URS se determina la extensión y localización mensual de la pluma térmica (zona de mezcla) generada por el vertido en cada visita mensual a la zona. Sin embargo, la localización de la pluma, variable a lo largo del año, no condiciona en ningún momento:

- ni la ubicación de los puntos de control de la temperatura para el seguimiento del incremento térmico,
- ni la idoneidad de utilizar el punto de toma de agua de la central como punto de referencia en el momento en que la pluma térmica lo alcanza, e incluso lo supera hacia aguas arriba, situación que en 2009 ocurrió de Abril a Noviembre, de acuerdo a lo señalado en el informe limnológico de este año elaborado por URS.

5.2.- Descarga térmica al río Ebro

5.2.1.- Ámbito de localización

Tanto la toma de agua para la refrigeración como el vertido de dichas aguas más calientes (descarga térmica) tiene lugar en el ámbito fluvial del río Ebro, concretamente en la masa de agua nº 797 (ver tabla 5 de este informe). Realmente, el vertido de la central se produce en el límite entre las masa fluvial 797 y la masa de embalse nº 22 (embalse de Sobrón).

A pesar de que esta división de masas de agua es la establecida por la CHE (consultable en su aplicación SITEbro en internet, así como en el actual borrador de Plan Hidrológico del Ebro), cuando el embalse se encuentra lleno, lo que ocurre a lo largo de todo el año con el fin de garantizar que el agua llegue hasta las bombas de succión de la central nuclear, la cola del embalse alcanza hasta 4 Km. aguas arriba de la toma de la central, lo que afecta totalmente a la masa de agua 797, y de modo parcial a la masa de agua nº 401.

5.2.2.- Descarga térmica y caudal circulante

En todos los informes de URS se utilizan datos medios diarios de caudal del río Ebro. E incluso, el informe limnológico anual dispone de un capítulo de hidrología, donde se analiza el régimen hidrológico del embalse y su evolución anual.

Sin embargo, en ningún momento se explica la procedencia de dichas medidas de caudal, máxime cuando no existe ninguna estación de aforo en la zona que pueda proporcionar esos datos.

La explicación más plausible al origen de estos datos es que Iberdrola (Nuclenor), propietario del embalse de Sobrón, proporciona los datos diarios de turbinado más los de desembalse para que URS confeccione las series de caudales anuales.

Y que, en una situación de volumen más o menos estable del embalse, se realiza un ejercicio de aproximación según el cual se equiparan los caudales de salida diaria del embalse con los de entrada al embalse (es decir, aportados por el Ebro).

La situación es "curiosa" hasta el punto de que en los informes de seguimiento de embalses de la propia Confederación Hidrográfica del Ebro aparecen comentarios como el siguiente: *"El tiempo de residencia hidráulica media en el embalse de Sobrón para el año hidrológico 2008-2009 no pudo ser calculado debido a la ausencia de datos de salidas de caudal en la web de la CHE"*²⁶.

De modo que, al no haber series hidrológicas públicas de caudales en el río Ebro, URS utilizaría los datos de salida de caudal del embalse proporcionados por IBERDROLA, y los consideraría como datos de caudal de entrada al embalse.

²⁶ UTE RED BIOLÓGICA EBRO. 2009. Informe final del embalse de Sobrón. Informe para Confederación Hidrográfica del Ebro elaborado en Diciembre 2009.

Una vez “solucionada” la ausencia de datos de caudal, URS realiza una valoración del alcance (y extensión) de la pluma térmica, cuyos resultados principales ya han sido expuestos en el apartado 3.1.3:

- En 2009 la longitud mínima de la pluma térmica es de 12,6 Km., en Noviembre; y con seguridad habrá sido menor en Diciembre y Enero, meses con más caudal circulante, pero no existen datos.
- En el período de de Junio a Octubre (incluidos), la pluma térmica desciende por el río y llega hasta el dique del embalse de Sobrón: unos 12 Km. aguas abajo desde el punto de vertido.
- En Abril la pluma alcanza la toma de agua de la central, tras ascender algo más de un Kilómetro hacia aguas arriba. Y desde Mayo a Noviembre, la pluma supera la propia toma de agua y asciende “río arriba” hasta un máximo de unos 4 Km. siguiendo la cola del embalse.

De este modo, durante prácticamente todo el año (salvo los meses de Diciembre, Enero y Febrero), la central está tomando agua en la pluma térmica de su descarga, es decir, dentro de la propia zona de mezcla de su vertido, por lo que la temperatura en este punto no podría ser utilizada como temperatura de referencia para vigilar el incremento térmico, al encontrarse “contaminada”.

En el informe de URS se dice a continuación que con caudales superiores a $35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ la pluma no alcanza el punto de toma; por lo tanto, la temperatura de toma depende de la temperatura de descarga cuando los caudales son menores de $35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, y de la del río cuando son mayores.

Asumiendo que esto es así, y en ausencia de una serie hidrológica de caudales que corroboren estas cifras, se puede concluir que valores de $35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ o inferiores son los mayoritarios en el río a lo largo del año, después de ver el alcance de la pluma térmica. Sí que hay que tener en cuenta, que el año 2009 parece que se caracterizó por presentar una disminución de caudal circulante frente a otros años.

En otro punto se añade que el calentamiento del embalse se ve “compensado” por el bajo tiempo de residencia del agua en el embalse; y que durante el período de estratificación la renovación es más rápida aún porque sólo afecta al epilimnion, mientras que el hipolimnion permanece como submasa de agua aislada.

En la tabla que se adjunta se ha estimado el volumen de caudal mensual que entra en el embalse en base a los datos de URS, así como los tiempos de residencia del epilimnion.

2009	Caudal medio mensual (m ³ ·s ⁻¹) (1)	Caudal mensual (Hm ³) (2)	Tasa de renovación (mes ⁻¹)	Tiempo de residencia en embalse (días)	Tiempo de residencia de epilimnion (días)	Tasa de renovación epilimnion (mes ⁻¹)	Volumen epilimnion (Hm ³) (2)	Volumen hipolimnion (Hm ³) (2) (3)	%
Enero	77,84	191,81	10,37	2,99	-	-	-	-	
Febrero	107,54	228,19	12,94	2,27	-	-	-	-	
Marzo	92,53	227,58	12,32	2,52	-	-	-	-	
Abril	31,80	75,82	4,10	7,32	5,84	5,14	14,760	3,740	79,8
Mayo	16,78	41,35	2,24	13,87	11,07	2,80	14,765	3,735	79,8
Junio	25,04	59,74	3,23	9,29	7,42	4,04	14,776	3,724	79,9
Julio	25,10	61,87	3,34	9,27	7,40	4,19	14,768	3,732	79,8
Agosto	17,90	44,12	2,38	13,00	10,38	2,99	14,772	3,728	79,8
Septiembre	13,51	32,21	1,74	17,23	13,75	2,18	14,763	3,737	79,8
Octubre	16,77	41,32	2,23	13,88	11,08	2,80	14,768	3,732	79,8
Noviembre	32,73	78,06	4,22	7,11	-	-	-	-	
Diciembre	41,48	98,88	5,35	5,80	-	-	-	-	
Aportación anual		1.180,94							
Media anual	41,6		64,46(4)	8,71					

(1) Caudal en Sobrón equiparado al caudal de entrada al embalse, de acuerdo al informe limnológico 2009 de URS.

(2) Elaboración propia en base a los datos del informe, y considerando un volumen constante del embalse de 18,5 Hm³.

(3) En el informe limnológico de URS correspondiente al ciclo anual 2009 se habla de un volumen hipolimnético medio de 3,43 Hm³, por lo que la cifra que aquí se aporta no anda tan alejada.

(4) Tasa de renovación anual

Tabla 10. Régimen hidrológico y renovación de agua en el embalse de Sobrón en 2009.

El tiempo de residencia sigue siendo bajo: en verano existe una demanda en el Ebro, para riegos fundamentalmente, que hay que mantener (un caudal en Miranda de Ebro de $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$); Sobrón no tiene capacidad regulatoria, sino que lo que hace es mantener el nivel de agua para la central y, de paso, turbina ese flujo de demanda que le proporciona el embalse de Arija, con gran capacidad regulatoria en la cabecera de la cuenca.

De este modo, salvo en la época de lluvias y alto caudal circulante, el embalse libera por turbinación al río Ebro, más concretamente al embalse de Puentelarrá, aguas más calientes de lo esperable de modo natural.

5.2.3.- Vigilancia del incremento térmico

En el punto 1.6 de esta memoria se han presentado los puntos de control para la vigilancia del incremento térmico.

Nuevamente hay que decir que si bien URS ²⁷ dice que *“el condicionado establece que los puntos de referencia para el cálculo de la diferencia de temperatura son el canal de entrada a la Central Nuclear de Garoña y la descarga de la Central Hidroeléctrica de Sobrón”*; en el documento de autorización que se ha consultado no vienen estos detalles. Es muy posible que este condicionado adicional se presentará por NUCLENOR ante la CHE en la década de los 90 como propuesta técnica de vigilancia del incremento térmico, y que la CHE lo aprobara con o sin modificaciones.

Determinación de la temperatura de control

Según la información disponible, los datos de temperatura diaria de la turbina se transforman en temperatura integrada de la columna de agua del embalse (zona presa) [es decir, estación S-12 de los perfiles mensuales realizados por URS en sus campañas limnológicas de muestreo] correlacionando el valor medio de las temperaturas que se toman en las campañas limnológicas (perfil térmico desde la superficie al fondo)[quiere decir media aritmética de los valores de dicho perfil] y el valor puntual de la descarga de la C.H. Sobrón.

De este modo, con los datos obtenidos desde 1998 más los acumulados cada nuevo año, se obtiene una relación matemática fruto de regresionar ambos datos de temperaturas:

²⁷ URS. 2010. Seguimiento de la descarga térmica de la Central Nuclear de Sta. María de Garoña. Ciclo anual 2009. Informe Final. Elaborado para NUCLENOR en Enero de 2010. 36 pp.

Año 2009 Temp. Integr. (O-F) = (Temp. en C.H. Sobrón + 2,8325)/1,3633

Año 2010 Temp. Integr. (O-F) = (Temp. en C.H. Sobrón + 3,2262)/1,3758

El origen de esta fórmulas es sencillo:

- dándole la vuelta a la fórmula de 2009, tenemos que:

$$\text{Temp.Integr} * 1,3633 = \text{Temp.CH.Sobron} + 2,8325$$

- que es lo mismo que decir que,

$$\text{Temp.CH.Sobron} = \text{Temp.Integr} * 1,3633 - 2,8325 \quad R^2 = 0,92$$

- que se trata de una recta de regresión entre valores de temperatura Temp.CH.Sobron y valores Temp.Integr.

No obstante, se pueden realizar las siguientes críticas:

- El cálculo de la temperatura integrada en el embalse no parece el más adecuado para obtener un valor representativo de la temperatura, ya que se realiza una media aritmética de los valores del perfil. En limnología un valor medio de temperatura de un perfil vertical no tiene sentido, y menos como representativo de la temperatura de toda la masa de agua; máxime cuando se conoce que existe una fuerte estratificación, y que el vertido de la central está afectando a las aguas epilimnéticas durante la mayor parte del año.

El cálculo de esta temperatura integrada es demasiado simple, y la realización de una media aritmética de todo el perfil enmascara el grado de calentamiento de las aguas epilimnéticas.

- El procedimiento de obtención de un regresión entre temperaturas del embalse y temperaturas en la turbina resulta torticero, teniendo en cuenta que la presa de Sobrón es accesible en todo momento. Este tipo de cálculos se realiza cuando no es posible acceder a un punto de medida, y lo que se realiza es una medida en un punto que sí sea accesible, para luego buscar la relación que te proporcione el dato objetivo a partir del dato accesible.

En Sobrón se puede obtener un dato diario de temperatura del embalse con facilidad: bien manualmente, o bien mediante la instalación de una sonda automática

- La medida de la temperatura de control se realiza siempre en la presa del embalse (estación S-12 del estudio limnológico), independientemente de la localización y extensión de la pluma térmica. Establecer en que punto medir dependiendo de la época del año requeriría de una propuesta técnica algo más elaborada.

Determinación de la temperatura de referencia

Como ya se ha comentado anteriormente en el apartado sobre la pluma térmica, durante prácticamente todo el año (salvo los meses de Diciembre, Enero y Febrero), la central está tomando agua en la pluma térmica de su descarga, es decir, dentro de la propia zona de mezcla de su vertido, por lo que la temperatura en este punto no podría ser utilizada como temperatura de referencia para vigilar el incremento térmico, al encontrarse "contaminada".

Lo más lógico parece utilizar como temperatura de referencia la tomada en el río Ebro por encima de la cola del embalse.

Determinación de otras temperaturas

En los documentos de vigilancia del incremento térmico se aporta la medida de la temperatura de las aguas turbinadas por la central hidroeléctrica de Quintana, que vierten por encima del embalse de Sobrón, sin que se entienda bien para que se aporta este dato.

Se señala que son aguas procedentes del hipolimnion del embalse de Cillaperlata, algo más frías que el río Ebro durante gran parte del año, y que influirían sobre la temperatura del embalse de Sobrón. Esto es cierto, pero lo que en todo caso hacen es "beneficiar" a Sobrón, al enfriarlo.

Lo que no tiene sentido es que se utilicen estos datos a la hora de valorar el incremento térmico del vertido cuando el punto de referencia del incremento térmico (situado en la toma de la central) esta aguas abajo del vertido de la central de Quintana, y no por encima.

Por otra parte, en el mapa de ubicación de los puntos y que ha sido recogido en la figura 2 (pág. 11) de esta memoria, se localiza la temperatura del agua turbinada por la C.H. Quintana en el propio cauce del río Ebro, aguas abajo del vertido de esta central, cuando realmente se mide en las aguas de vertido, dentro de las instalaciones de la central.

Valoración del incremento térmico

En el caso del seguimiento del incremento térmico correspondiente a 2009, el resumen de dicho seguimiento se presenta en la tabla adjunta, donde se identifican 4 momentos de incumplimiento a lo largo del año (un total de 16 días del año), curiosamente que tienen lugar en la época más fría del año, cuando el aporte de aguas más frías y en mayor volumen por parte del Ebro, debería compensar el calentamiento provocado por el vertido.

Lo que ocurre durante el resto del año es que la pluma térmica se extiende hacia aguas arriba hasta alcanzar el punto de toma de agua de la central (la estación de referencia para la vigilancia del incremento térmico), de modo que a medida que la temperatura se incrementa en este punto, cada vez resulta más difícil encontrar un incremento superior a 3 °C entre esta temperatura y la temperatura integrada del embalse (temperatura de control).

PERÍODO	RANGO CAUDAL (m ³ /s)	RANGO TEMPERATURA (°C)			
		QUINTANA	GAROÑA	INTEGR. SOBRÓN	INCREMENTO SOBRÓN - GAROÑA
Del 7 al 16 de enero	31,4 – 38,8 (36,3)	4,29 – 6,07	4,02 – 5,86	7,78 – 9,17	3,22 – 4,42
Del 7 al 8 de noviembre	67,3 – 75,7 (35,9)	9,74 – 10,13	9,53 – 10,49	13,22 – 15,30	3,69 – 4,81
Del 4 al 6 de diciembre	23,8 – 38,2 (28,9)	8,31 – 8,77	7,87 – 8,35	11,97 – 12,60	3,62 – 4,57
23 de diciembre	97,8 (40,9)	5,51	5,93	9,67	3,74

Entre paréntesis se indica el caudal del día anterior.

Tabla 11. Resumen de incumplimientos en la diferencia de temperaturas entre el embalse de Sobrón y la temperatura en la toma de agua de Garoña (toma de la central). Fuente: URS. 2010. Seguimiento de la descarga térmica de la C.N. Sta. M^a Garoña, ciclo anual 2009. Documento Final. Elaborado para NUCLENOR en Enero de 2010.

Comparación con otras mediciones

A parte de los informes elaborados por URS, el propietario de la central nuclear, NUCLENOR, presenta unos informes mensuales que se pueden consultar en su web, y donde se resume mes a mes el seguimiento de la temperatura de la descarga térmica de la central. En los resultados se presentan datos de temperatura del agua de la central hidroeléctrica de Quintana, temperatura de la toma de agua de Garoña y temperatura integrada del embalse de Sobrón. Se presenta un valor medio mensual que se habría obtenido a partir de una única observación recogida cada día del mes.

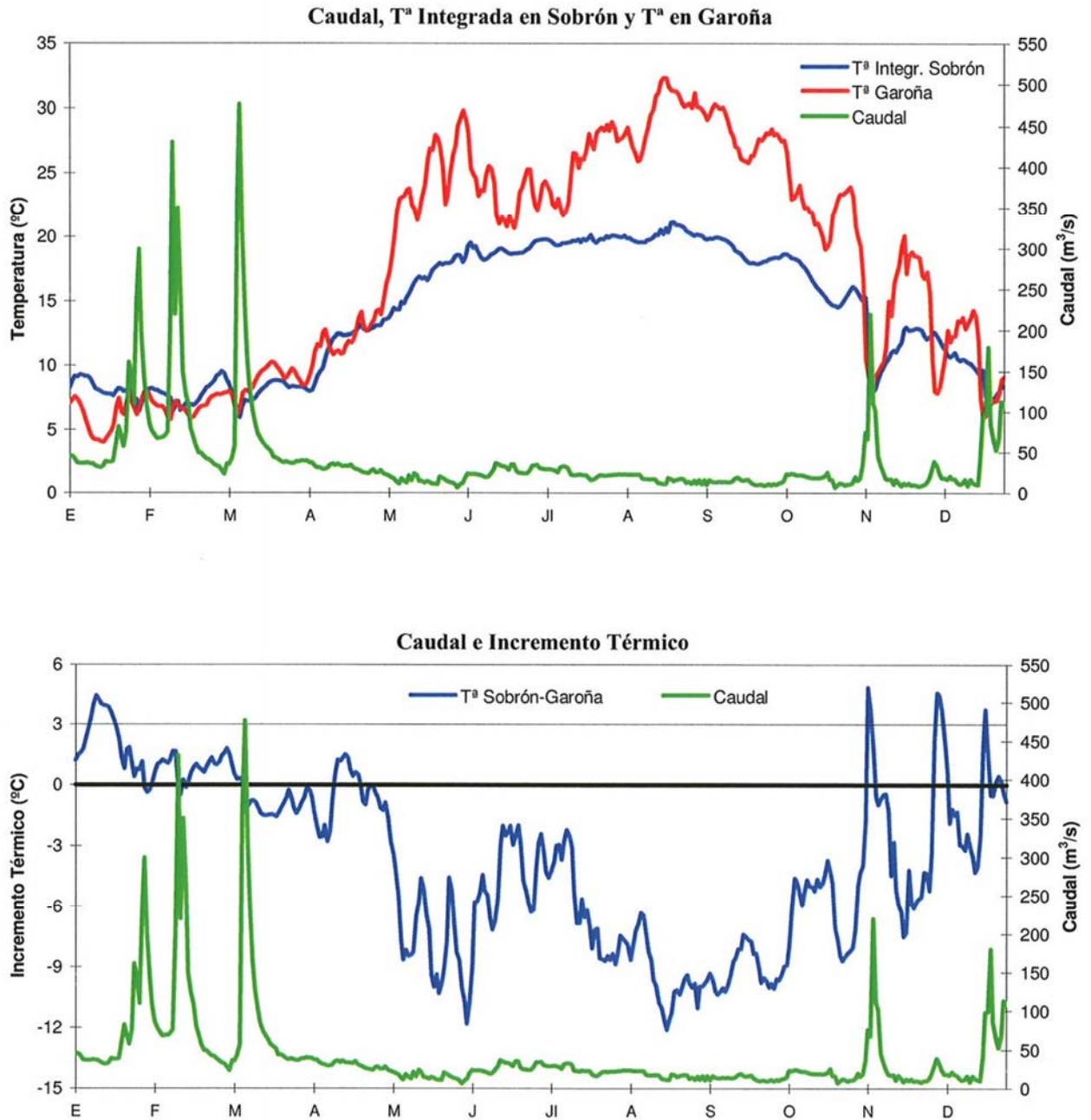


Figura 5. Arriba: Evolución de la temperatura en la toma de Garoña, de la temperatura integrada en Sobrón y del caudal de salida del embalse a lo largo de 2009. Abajo: Evolución de la diferencia entre la temperatura integrada del embalse menos la temperatura en la toma de la central; valores positivos evidencias mayor temperatura en el embalse que en la toma de la central. Fuente: URS. 2010. Seguimiento de la descarga térmica de la C.N. Sta. Mª Garoña, ciclo anual 2009. Documento Final. Elaborado para NUCLENOR en Enero de 2010.

Un repaso de los datos presentados en 2009 revela la existencia de alguna contradicción con las mediciones presentadas por URS: por ejemplo, en el mes de Mayo NUCLENOR presenta una temperatura de 16,33 °C en la toma de Garoña, cuando en la figura de URS se ve que el valor ha de ser superior a 20 °C. El resto de valores coincide con la evolución de la figura.

Lo que sí se puede comentar es que el hecho de presentar un valor medio de temperatura al mes enmascara las variaciones de temperatura que puedan existir tanto entre el día y la noche, como entre los distintos días del mes.

5.2.4.- Efectos de la descarga térmica en la calidad del agua

En general, y más concretamente en base a los datos del informe limnológico de URS correspondientes al ciclo 2009, se puede establecer la siguiente evolución de los efectos de la descarga térmica en el agua (ver figura adjunta):

- En Febrero se observa ya la existencia de una termoclina, que durante Abril aumenta en longitud y profundidad.
- En el mes de Mayo se observa ya como por debajo de los 10 m. el nivel de oxígeno es ya muy bajo, y en la zona más profunda del embalse, la zona con alto déficit de oxígeno alcanza la termoclina. Mientras tanto, en la superficie se forma una zona de alta temperatura (igual o superior a los 28 °C) que va desde la toma de agua de la central hasta el puente de Tobalinilla.
- En Junio, la pluma térmica alcanza la presa y en Julio sigue aumentando. La zona anóxica se concentra por debajo de los 15 m. de profundidad. En Agosto, la zona de agua de 28 °C alcanza la termoclina, mientras que el área anóxica asciende hasta los 8 m. de profundidad.
- En Septiembre se empieza a revertir la situación volviéndose a la situación de Mayo-Junio. En Octubre el agua se enfría y ya no se identifican áreas con 28 °C o más. Y en Noviembre desaparece la anoxia y comienza la mezcla del embalse, si bien aún se identifica la termoclina, que irá desapareciendo a medida que el proceso de mezcla prospere.

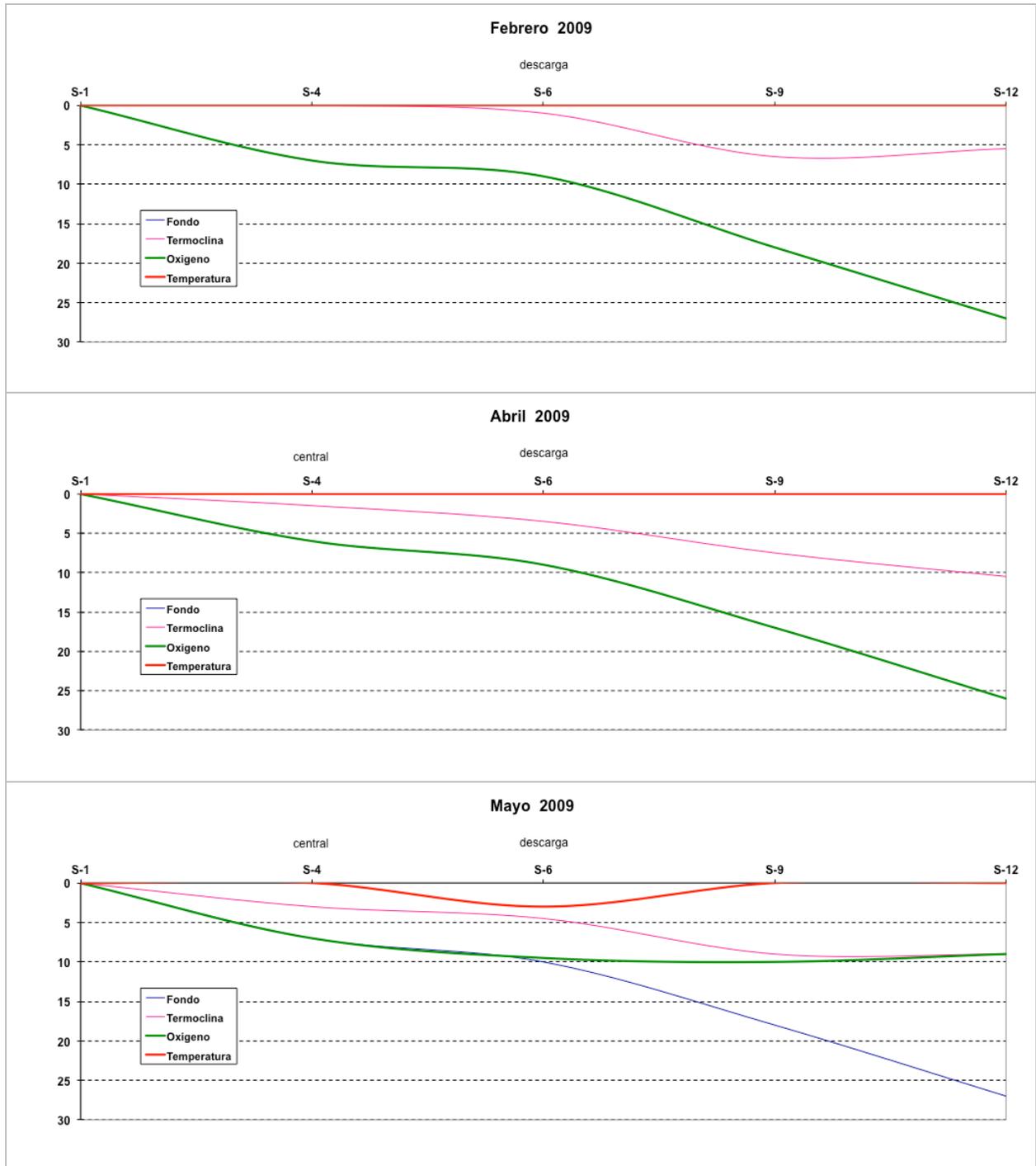


Figura 6. Situación de las condiciones asociadas a la descarga térmica en el embalse de Sobrón a lo largo de 2009. Se representan la termoclina, el nivel de las aguas con $4 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ o menos, correspondiente al área bajo la línea verde; y el área con temperaturas de $28 \text{ }^\circ\text{C}$ o superior, localizada entre la línea roja y la lámina de agua. Elaboración propia a partir de los datos del estudio limnológico 2009 de URS.

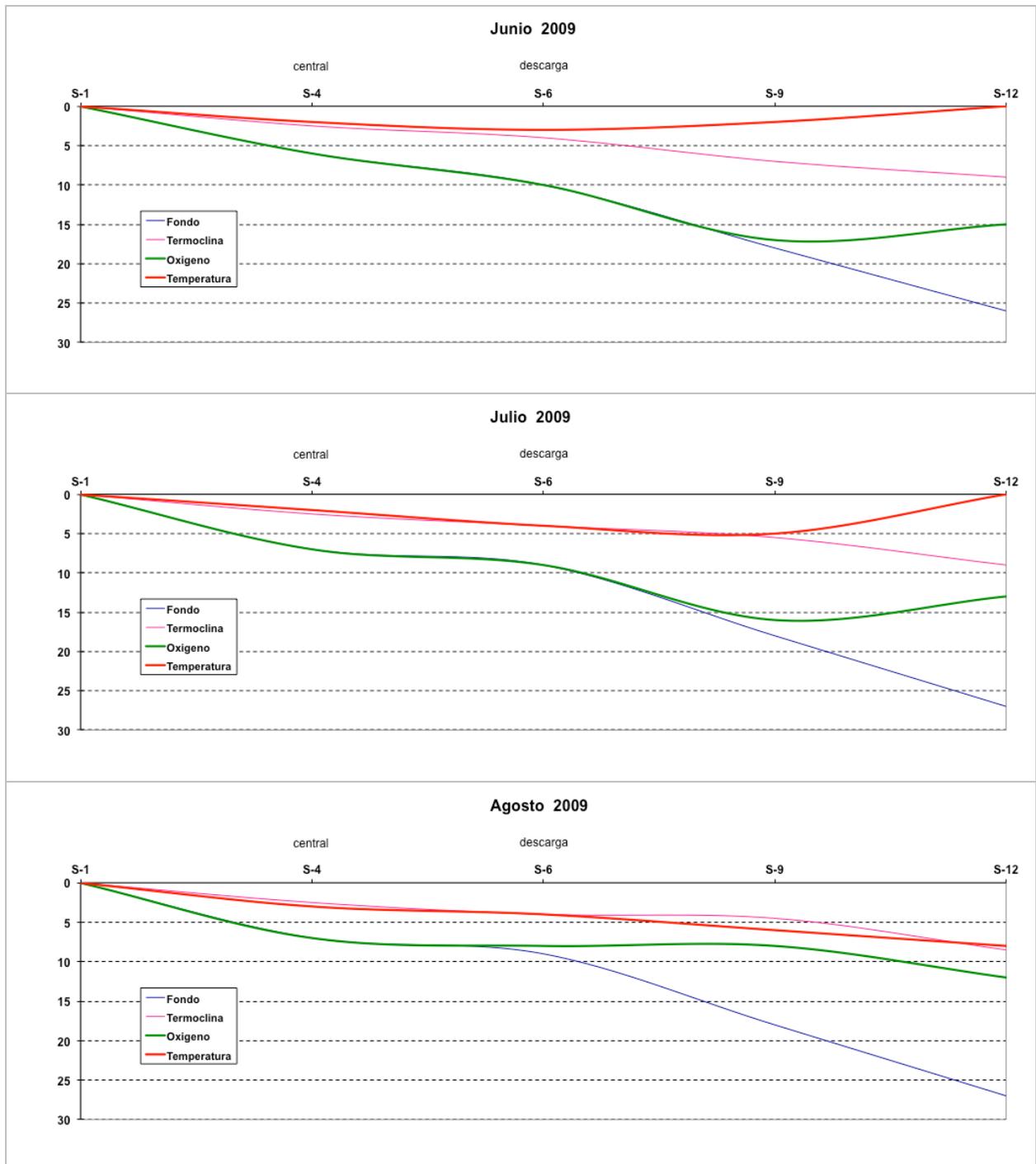


Figura 6 (continuación). Situación de las condiciones asociadas a la descarga térmica en el embalse de Sobrón a lo largo de 2009. Se representan la termoclina, el nivel de las aguas con $4 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ o menos, correspondiente al área bajo la línea verde; y el área con temperaturas de $28 \text{ }^\circ\text{C}$ o superior, localizada entre la línea roja y la lámina de agua. Elaboración propia a partir de los datos del estudio limnológico 2009 de URS.

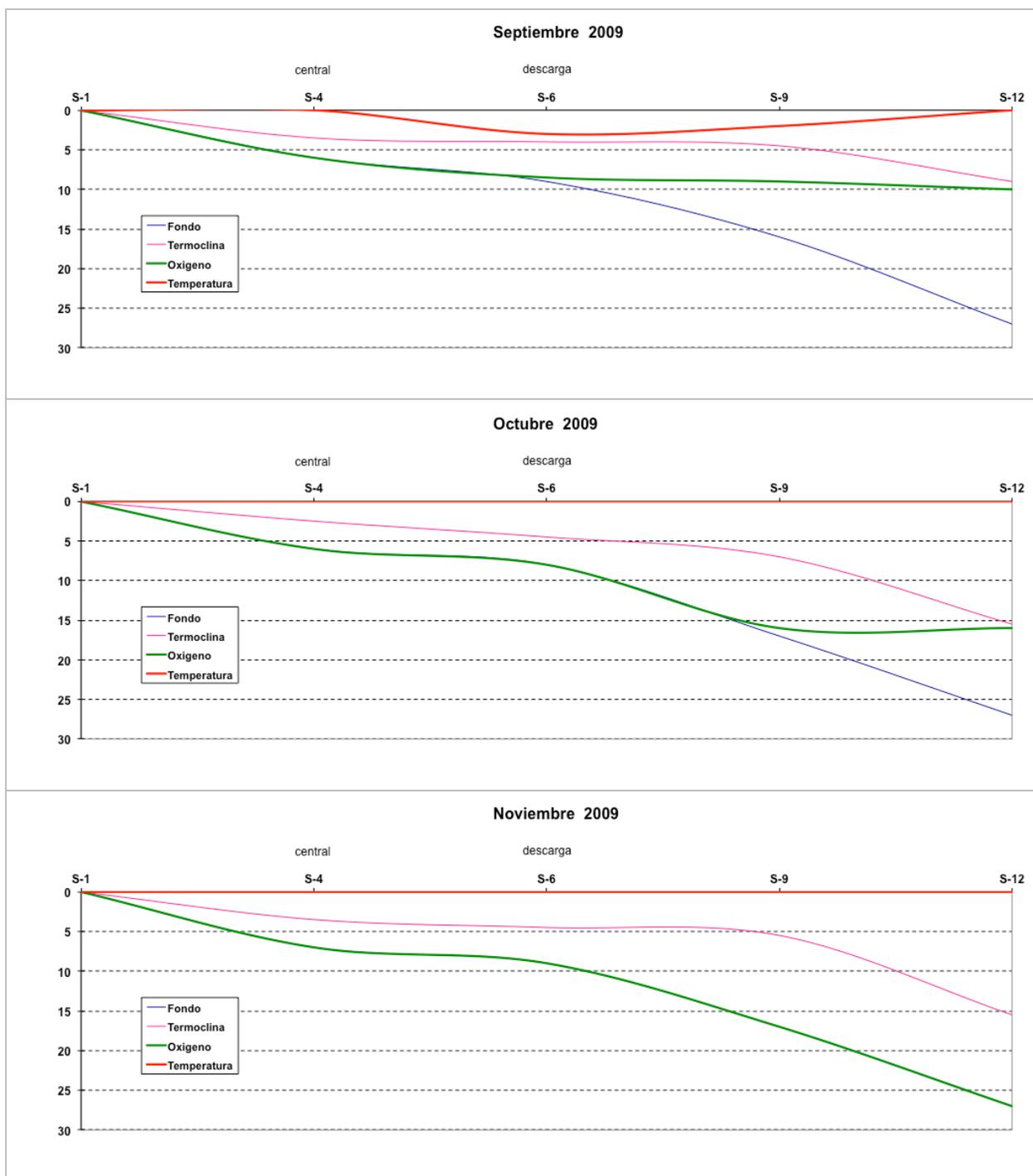


Figura 6 (continuación). Situación de las condiciones asociadas a la descarga térmica en el embalse de Sobrón a lo largo de 2009. Se representan la termoclina, el nivel de las aguas con $4 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ o menos, correspondiente al área bajo la línea verde; y el área con temperaturas de $28 \text{ }^\circ\text{C}$ o superior, localizada entre la línea roja y la lámina de agua. Elaboración propia a partir de los datos del estudio limnológico 2009 de URS.

5.2.5.- Efectos de la descarga térmica en la calidad ecológica del embalse

La clasificación del estado o potencial ecológico de las masas de agua superficial, se basa en el uso de los elementos de calidad biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos que se establecen en el anexo V del Reglamento de la Planificación Hidrológica.

En el caso de los embalses se habla de potencial ecológico, puesto que se trata de masas de agua muy modificadas, y se clasifican según los siguientes posibles estados: máximo, bueno, moderado, deficiente y malo.

Las principales afecciones identificadas en Sobrón y con consecuencias sobre la calidad ecológica del embalse son:

- incremento de la anoxia en la columna de agua, fundamentalmente por alargamiento del período de estratificación
- niveles altos de fósforo en la columna de agua
- alta densidad algal, aunque sin blooms; reducción de la transparencia del agua
- las especies más abundantes de fitoplancton corresponden mayoritariamente a las que indican aguas mesotróficas y eutróficas
- afección a las especies zooplanctónicas; reducción de diversidad y dominancia del mejillón cebra.

5.2.6.- Sobre la capacidad del sistema natural para asumir la descarga térmica

En el condicionado de la autorización de vertido de las aguas de refrigeración al río Ebro, se habla de un volumen diario medio de $1.780.822 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, lo que supone un caudal medio instantáneo de $20,611 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, si bien se admiten incrementos puntuales de hasta un 18% sobre esta cantidad (pudiéndose alcanzar los $24,331 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Este enorme volumen de agua es imprescindible para garantizar las necesidades de refrigeración en sistema de circulación abierto, y siempre y cuando la temperatura del agua en la zona de toma no exceda de $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

En cifras anuales, se habla de 650 Hm^3 medios, pero la autorización ampara hasta un máximo de 720 Hm^3 (casi un 11% más).

Para una concesión media de 650 Hm^3 , y un volumen del embalse de Sobrón de $20,11 \text{ Hm}^3$, se obtiene un volumen total de 32,3 embalses al año: es decir, las necesidades de agua de la central son de un embalse de Sobrón cada 11 días. Considerando un mínimo de salto térmico entre el agua de toma y el agua de descarga de $5 \text{ }^\circ\text{C}$, la cantidad de calor aportada al embalse en un solo mes es gigantesca y provoca que a pesar de los distintos mecanismos de disipación/compensación de energía existentes (entrada de aguas hipolimnéticas del embalse de Cillaperlata a través de la central hidroeléctrica de Quintana, entrada de aguas procedentes del Ebro, suelta y turbinado de aguas en la central hidroeléctrica de Sobrón, calentamiento de las paredes del embalse, disipación a la atmósfera, ...) el embalse vaya calentándose mes tras mes desde el final del invierno hasta comienzos del otoño.

Esta es una realidad irrefutable, y es un calentamiento de origen antrópico que se suma al calentamiento que sería esperable de modo natural, debido a la acción solar. Del mismo modo, la suelta de aguas más calientes río abajo, bien por alivio de caudales en la presa, bien por turbinado en la central hidroeléctrica de Sobrón, provoca un aporte continuo de aguas más calientes de lo normal hacia el embalse de Puentelearrá, situado aguas abajo del embalse de Sobrón, lo que ha de condicionar la dinámica limnológica de este otro embalse.

5.2.7.- Sobre la disponibilidad de caudal del río Ebro

En 2009, en una nota interna de Confederación Hidrográfica del Ebro²⁸ relativa a la autorización de vertido de la central nuclear de Garoña, se advierte que en su día ya se señaló la imposibilidad de garantizar las necesidades de la central (casi $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) durante 100 días al año, motivo por el que se habría elegido la fórmula de utilizar las aguas del embalse para la refrigeración, lo que obliga a la presa de Sobrón a estar prácticamente llena durante todo el año.

No obstante, a continuación se añade que el sistema Ebro ha visto reducirse el nivel de aportaciones en los últimos 25 años, lo que cada vez comprometería más el funcionamiento de la central nuclear.

Hasta ahora el embalse de Arija ha garantizado con sus desembalses un caudal mínimo en Miranda de $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, lo que la central nuclear de Garoña ha aprovechado: solo tiene problemas en los momentos en que estos desembalses no garantizan el caudal de concesión de la central, lo que NUCLENOR compensa manteniendo el embalse de Sobrón prácticamente lleno durante todo el año.

²⁸ CHE. Nota informativa de la CHE sobre la concesión de aguas y autorización de vertido para el servicio de la C.N. de Sta. María de Garoña que explota Nuclenor. Fecha: 1 de Julio de 2009.

Con la aplicación de las nuevas normativas emanadas de la DMA, los regímenes hidrológicos de los ríos han de asemejarse al régimen natural teórico, con mayores caudales en invierno y menores en verano. Estos caudales (caudales ecológicos) no tendrán el carácter de uso, sino que se consideran una restricción que se impone con carácter general a los sistemas de explotación, salvo en el caso del abastecimiento de población. Deberán respetarse en todas las concesiones futuras y deberán establecerse progresivamente en todas las masas de agua mediante procesos de concertación.

De este modo, en un futuro más o menos inmediato (a partir de la aprobación del nuevo Plan Hidrológico del Ebro) los caudales fluyentes por el Ebro se han de alejar aún más del flujo constante que requiere la central, por lo que ésta se habrá de apoyar aún más en la regulación que realice el embalse de Sobrón, reduciendo en verano los niveles de desembalse y/o turbinado. Esta situación potenciará aún más un escenario en estiaje de menor renovación de agua en el embalse, lo que facilitará su calentamiento y comprometerá la calidad de las aguas.

Se desconoce si en el momento actual la CHE está trabajando al respecto en aras de buscar una convergencia hacia el nuevo escenario, pero este documento fechado en 2009 ya señala que *“podría ser necesario llevar a cabo una revisión de las condiciones de vertido para adecuarlo a ese nuevo escenario. Tal posibilidad estaría amparada en lo establecido en la condición 8c de la resolución”* de autorización.

A este respecto, el borrador de plan hidrológico señala en su memoria ²⁹ (capítulo ‘III.1.3.4.1. Producción de energía’) que tanto la central nuclear de Ascó como la de Garoña (ambas en la cuenca del Ebro), *“tienen riesgo de no satisfacer las demandas de agua [la de Garoña se cifra en $766 \text{ Hm}^3 \cdot \text{año}^{-1}$, mientras que la de Ascó es claramente superior, con $2.270 \text{ Hm}^3 \cdot \text{año}^{-1}$] e imponen rigidez a la explotación de los caudales del Ebro”*. A continuación se señala que la central de Ascó *“cuenta con 2 torres de refrigeración para garantizar las condiciones térmicas de devolución de los caudales al río”*, por lo que se entiende que Garoña, al no disponer de un sistema similar, no garantiza las condiciones térmicas de devolución de sus caudales de refrigeración.

²⁹ Proyecto de Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro. Memoria (versión 2.0 de Octubre de 2010), pág. 91.

5.2.8.- Sobre los condicionantes del mantenimiento de un sistema de refrigeración en abierto

La descarga térmica de la central al embalse provoca que el embalse sufra, de modo cíclico, un período de calentamiento con inicio en el mes Febrero y final en el mes de Septiembre u Octubre, para volver a enfriarse a partir de esta fecha.

A medida que sus aguas se calientan tanto por la acción solar (dinámica natural) como por el calor de la descarga térmica disipado en toda la masa de agua, la temperatura del agua en la zona de toma aumenta, por lo que la capacidad de refrigeración disminuye al tiempo que dicha necesidad aumenta al incrementarse la temperatura ambiental debido al verano. Se cifra en 25 °C la temperatura máxima del agua de toma de la central de Garoña para poder realizar una refrigeración eficiente y en condiciones de seguridad del reactor.

En situaciones extremas ocurre que la central ha de disminuir la potencia de funcionamiento para disminuir también las necesidades de refrigeración; hasta el punto de que, como ya ocurrió en Julio de 2006, la central hubo de parar su actividad por la imposibilidad de refrigerarse.

Por otra parte, el sistema de refrigeración en abierto genera otro tipo de problemáticas, no desdeñables:

- Los canales y tuberías del circuito de refrigeración se someten de vez en cuando a operaciones de limpieza con productos muy agresivos (desincrustantes, dispersantes, biocidas, ...), por lo que no se puede descartar un escape de uno de éstos al sistema fluvial y, por ello, al propio embalse.

A este respecto, el uso de cloro como biocida para el control del mejillón cebrado no es nada desdeñable, y acaba en las aguas del embalse.

- En otro orden de cosas, la toma continua de entre 20 y 25 m³-s de agua procedente del río Ebro, volumen que en parte del año supera incluso el caudal circulante por el río (nótese la magnitud de la captación) hace pensar en la existencia de otros impactos derivados de la propia captación³⁰: la atracción y captura contra las rejillas de la toma de agua de peces adultos, y la succión a través de dichas rejillas de peces pequeños y otros seres vivos que, posteriormente quedarían "recogidos" en las instalaciones de la central.

³⁰ <http://www.newenergychoices.org/index.php?sd=no&page=powerPlantCooling>

Este tipo de afecciones aunque poco conocidas en nuestro ámbito, sí llevan tiempo siendo denunciadas en países como EE.UU.³¹, donde son protagonistas de continuos litigios legales promovidos por otros usuarios del río, bien contra sus promotores o bien contra la administración responsable.

- Finalmente, el empecinamiento por parte de esta instalación en el uso de un sistema de refrigeración en abierto vulnera el principio ambiental del uso de las mejores tecnologías disponibles. Máxime cuando el riesgo de salida de contaminantes radiactivos al exterior no se puede desdeñar.

5.3.- Físicoquímica del agua

En un embalse (o lago) es durante el período de estratificación cuando se manifiestan los efectos negativos de la eutrofización a través del consumo de oxígeno en el hipolimnion. Si la carga de materia orgánica oxidable que sedimenta agota la reserva de oxígeno hipolimnética, se llega a la anoxia y aparecen procesos microbianos anaeróbicos que empeoran la calidad del agua por aparición de tóxicos: sulfhídrico, amonio, hierro, manganeso, etc.

Este proceso puede causar mortandad de peces en el embalse si se da una mezcla rápida del embalse al final del periodo de estratificación. O también aguas abajo de la presa si el desagüe se realiza desde los niveles hipolimnéticos anóxicos.

De este modo, el incremento de la duración del periodo de estratificación permite que el embalse evolucione hacia un escenario más crítico de lo normal, donde la calidad del agua en la zona profunda empeora radicalmente.

Por otra parte, la deriva de las condiciones físicoquímicas del epilimnion hacia condiciones más termófilas y de menor mineralización provoca una sustitución de las especies biológicas, así como la expansión de algunas otras, generalmente introducidas, como el mejillón cebra y algunas especies de peces.

³¹ <http://www.newjerseynewsroom.com/science-updates/oyster-creek-decision-shows-focus-is-on-cooling-systems>

<http://www.newjerseynewsroom.com/science-updates/indian-point-vs-hudson-river-hearings-begin-on-cooling-system-impacts>

5.4.- Estado trófico del embalse

El estado eutrófico del embalse es uno de sus principales riesgos ambientales. Y de acuerdo a las referencias bibliográficas consultadas, este embalse sufrió un progresivo aumento del grado de eutrofia en la década de los 90. En la actualidad, el diagnóstico oscila entre eutrofia y oligotrofia, en función del régimen de lluvias de cada año.

El grado de eutrofia del embalse no depende de la descarga térmica de la central, sino de las cargas de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que recibe desde su cuenca vertiente.

No obstante, el alargamiento del período de estratificación provoca un endurecimiento de las condiciones de anoxia del hipolimnion, con lo que el riesgo de aparición de tóxicos en el agua aumenta. Por otra parte, el calentamiento del agua acelera el metabolismo biológico del embalse, de modo que se incrementan tanto la producción (aumento del nivel trófico) como la respiración (descomposición de la materia orgánica), con agotamiento del oxígeno.

Este embalse fue declarado zona sensible por riesgo de eutrofización por nutrientes, por lo que se puede colegir cierto incumplimiento de la Directiva 91/271/CE debido al cierto grado de eutrofia que presenta.

A su vez, el calentamiento de sus aguas y el alargamiento del período de estratificación, son condicionantes que tienden hacia un empeoramiento del estado trófico del embalse, más que a su recuperación.

En el futuro inmediato, se habrán de tomar medidas especiales en la cuenca para paliar la eutrofización del agua.

5.5.- Comunidades biológicas

5.5.1.- Plancton

Las comunidades planctónicas (fitoplancton y zooplancton), que viven por encima de la termoclina, soportan unas condiciones de temperatura más benignas (más cálidas) y durante más tiempo, por lo que se ven beneficiadas aquellas especies más termófilas, lo cual supone un impacto sobre la composición de las comunidades "naturales".

Otra especie como el mejillón cebra, verdadera amenaza para todo el sistema fluvial, encuentra condiciones inmejorables para su desarrollo, bien en fase larvaria (larva zooplanctónica) como en fase de adulto (zoobentos de orillas).

5.5.2.- Zoobentos

El incremento de la anoxia hipolimnética tanto en el tiempo como en intensidad, provoca una afección directa a la comunidad del bentos profundo. El análisis del bentos de un embalse es un buen indicador del alcance del periodo de anoxia; y en este caso refleja claramente el impacto de la descarga térmica.

5.5.3.- Ictiofauna

La comunidad de peces está profundamente alterada en el entorno de la central. La principal razón de esta alteración no es el vertido térmico de la central (aunque éste también contribuye) sino que hay que buscarlas tanto en la transformación del tramo de río en embalse, como en la continua introducción de especies exóticas por parte de pescadores y usuarios del embalse.

Lo que sí ocurre es que la descarga térmica favorece la implantación y desarrollo de estas especies introducidas, generalmente ligadas a aguas más cálidas (perca americana, siluro, pez sol y carpa), que encuentran en este embalse "condiciones de balneario" para vivir.

El hecho de que se produzca un retorno hacia aguas arriba de la descarga térmica condiciona la comunidad piscícola también de varios kilómetros de río por encima del vertido de la central.

El hecho de que el incremento de productividad del sistema (que el informe limnológico de URS señala que existe), pueda favorecer a las especies de peces resulta irrelevante, puesto que la comunidad está completamente alterada, y todo incremento de productividad va destinado al mantenimiento de los depredadores piscívoros: perca americana y siluro.

5.6.- Riesgos ambientales

Los riesgos ambientales más importantes de este embalse se derivan de su estado eutrófico y de la presencia de un volumen de agua anóxica importante que puede contener tóxicos (SH_2 , NH_4 , hierro, manganeso, etc.).

5.6.1.- Desoxigenación del hipolimnion

La presencia de esta capa anóxica limita la abundancia del zoobentos y de los peces y puede ser causa de alguna mortandad en el periodo de mezcla, al final del periodo de estratificación. El vertido de agua caliente de la central nuclear intensifica y prolonga la duración en el tiempo de la estratificación del agua, lo que incrementa el riesgo de anoxia.

La aparición de aguas anóxicas depende del estado trófico del embalse, de la tasa de renovación del hipolimnion, y de la relación entre los volúmenes del epilimnion y del hipolimnion (E/H). Los embalses con una relación E/H superior a 1 (en Sobrón es superior a 2) tienen mayor probabilidad de que el hipolimnion se queda anóxico antes, mientras dura la estratificación del agua.

Por otra parte, el turbinado del agua anóxica puede ser causa de alguna mortandad y de afecciones a las comunidades biológicas en el tramo aguas abajo de la central, aunque el riesgo es poco probable por realizarse el vertido en la cola del embalse de Puentelearrá. A pesar de esto no puede descartarse la afección a la biota por pérdida de calidad del agua (SH_2 , NH_4) y alteración del régimen térmico natural del contraembalse de Puentelearrá.

Además el vertido del caudal ecológico en verano de agua hipolimnética (a través del desagüe de fondo) puede ser causa de mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa; aunque lo normal es que el desagüe se simultanee con alivios en superficie, con el fin de paliar esta situación.

Las aguas hipolimnéticas anóxicas suelen tener una concentración alta de NH_4 , el cual al ponerse en contacto con aguas con pH alto (posibles en el contraembalse de Puentelearrá) pasaría en parte a la forma no ionizada, que es muy tóxica para los peces. La concentración de NH_3 aguas debajo del embalse de Sobrón no debería superar 0,025 mg/L (límite obligado para aguas ciprinícolas según la Directiva 87/659/CEE).

En el caso de las aguas turbinadas por la central hidroeléctrica de Sobrón este riesgo se reduce por la oxigenación que se produce tanto en el turbinado como en el vertido de las aguas al río.

5.6.2.- Proliferación de cianofíceas

Hasta ahora no se han identificado blooms de cianofíceas ni problemáticas asociadas a éstas en el embalse de Sobrón.

5.6.3.- Contaminación bacteriana

El bacterioplancton es el propio de aguas mesotróficas No se han identificado problemáticas asociadas a presencia de bacterias patógenas o de otro tipo.

Erandio, a 18 de Noviembre de 2011

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'A. Aguirre', with a large, stylized flourish above it.

Fdo. Alberto Aguirre Gaitero
Colegiado 0247 - COBE
Director Técnico de ANBIOTEK SL

ANEXO. LISTADO DE NORMATIVA

Norma	Descripción
Real Decreto 849/1986	aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI, VII y VIII de la Ley de Aguas. Artículo 256, sobre valores límite de emisión y normas de calidad ambiental, modificado por art 12 del RD606/2003, y por el RD907/2007.
Real Decreto 927/1988	Aprueba el Reglamento de la administración pública del agua y de la planificación hidrológica, en desarrollo de los Títulos II y III de la Ley de Aguas
Real Decreto 1315/1992	Modifica el RD 849/1986
Real Decreto 419/1993	Modifica el RD 849/1986
Real Decreto 1541/1994	Modifica el Anexo 1 del RD 927/1988
Real Decreto 1771/1994	Modifica el RD 849/1986
Real Decreto 995/2000	Modifica el RD 849/1986. DEROGADO por el RD 60/2011
Directiva 2000/60/CE	Establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas
Real Decreto Legislativo 1/2001	Aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas
Ley 53/2002	Modifica el RDL 1/2001
Ley 13/2003	Modifica el RDL 1/2001
Ley 62/2003	Modifica el RDL 1/2001
Real Decreto 606/2003	Modifica el RD 849/1986
Ley 62/2003	Transposición de la D2000/60/CE a través de su artículo 129. Modificación del RDL 1/2001.
Orden MAM/1873/2004	Nuevos modelos para la Declaración de vertido y se desarrollan determinados aspectos relativos a la autorización de vertido y liquidación del canon de control de vertidos regulados en el Real Decreto 606/2003
Ley 11/2005	Modificación del RDL 1/2001.
Real Decreto Legislativo 4/2007	Modifica el RDL 1/2001
Real Decreto 907/2007	Aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica, para tener en cuenta los cambios introducidos por el Real Decreto Legislativo 1/2001. Complementa el RD 927/1988.
LEY 26/2007, de 23 de octubre,	de responsabilidad Medioambiental.
Ley 42/2007	Modificación del RDL 1/2001.
ORDEN MAM/85/2008, de 16 de enero,	por la que se establecen los criterios técnicos para la valoración de los daños al dominio público hidráulico y las normas sobre toma de muestras y análisis de vertidos de aguas residuales.
Real Decreto 9/2008	Modifica el RD 849/1986
Orden ARM/2656/2008	Aprueba la instrucción de planificación hidrológica
REAL DECRETO 2090/2008, de 22 de diciembre,	por el que aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

Norma	Descripción
Ley 25/2009	Modificación del RDL 1/2001.
REAL DECRETO 1161/2010, de 17 de septiembre,	por el que se modifica el Real Decreto 907/2007, por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica.
Orden ARM/1195/2011	Modifica la instrucción de planificación hidrológica.
Real Decreto Ley 12/2011	modifica el Texto Refundido de la Ley de Aguas, añadiendo una nueva disposición adicional decimocuarta sobre competencias autonómicas en materia de policía de dominio público hidráulico.
REAL DECRETO 60/2011, de 21 de enero	sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.