

5 CONTROL DE CALIDAD EN EMBALSES: AQUADAM

5.1 INTRODUCCIÓN

Las especiales características de los embalses como masas de agua hace que las necesidades de control sean muy distintas que para los ríos.

Las problemáticas que los embalses presentan parten de las incidencias que sus usuarios detectan, y suelen ser consecuencia de unas dinámicas que la masa de agua presenta, en función del régimen hidrológico, de los aportes de nutrientes procedentes de la cuenca vertiente, de la propia morfología del vaso y del régimen de explotación.

Un control continuo de la evolución de los fenómenos observados puede ayudar en dos principales vías:

- Toma de medidas para mejorar la calidad del embalse (medidas cuyo efecto generalmente será visible a medio-largo plazo)
- Toma de medidas para mejorar la calidad del recurso captado (medidas efectivas a corto plazo, como modificación en las cotas de las captaciones)

Con el fin de poder caracterizar de forma precisa la calidad del agua embalsada, y de esta manera optimizar las medidas de gestión, resulta muy útil disponer de información representativa, fidedigna y actualizada del embalse.

Las nuevas tecnologías ponen a disposición de dicho objetivo métodos analíticos, automatizaciones y sistemas de comunicación que permiten obtener información de la calidad del embalse en continuo y tiempo real. Dichas operativas han sido integradas por Adasa Sistemas en un solo equipo denominado comercialmente **Aquadam**.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO AQUADAM



El equipo **AQUADAM** está compuesto principalmente por un sistema automático de posicionamiento, una sonda multiparámetro, un automático de gestión y un sistema de comunicaciones con el centro de control donde se recibe la información, para su posterior estudio.

El sistema automático de posicionamiento consta de un tambor motorizado donde se enrolla el cable autoportante que sitúa la sonda a diferentes profundidades a lo largo del perfil vertical de la presa. Suministra energía a la sonda y transmite la información al automático. Las cotas de análisis son configurables, aunque habitualmente se trabaja con intervalos de 100 cm entre medidas, y el recorrido, que se configura a través del automático, transcurre desde la superficie del embalse hasta su parte más profunda. También es totalmente configurable la frecuencia de las medidas, aunque se suele realizar 4 veces al día: 00:00h, 06:00h, 12:00h y 18:00h.

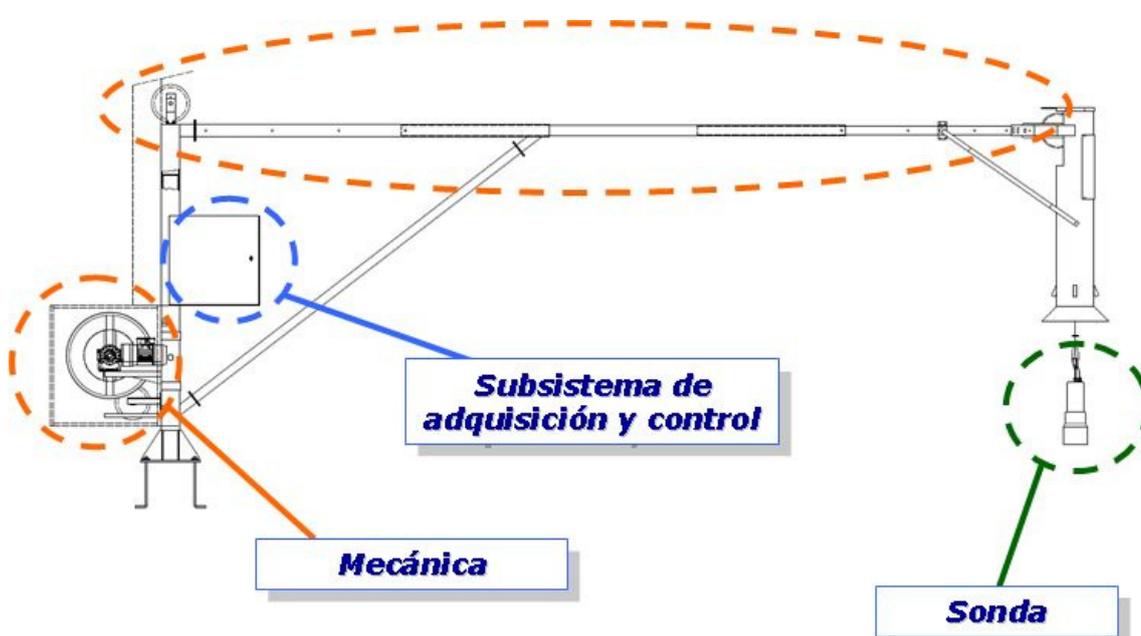
La sonda multiparámetro del AQUADAM integra los sensores de medida de los parámetros físico-químicos que analizan temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, potencial redox, turbidez y penetración lumínica. En las últimas versiones se incorpora un medidor de clorofila.

El automático de gestión se encarga de ordenar de forma automática las operaciones de posicionamiento de la sonda, activación del sistema de autolimpieza de la misma, gestión de la información recibida, calibración de sondas y registro de alarmas.

El sistema de comunicaciones envía al centro de control la información de cada uno de los parámetros analizados vía GPRS a través de un módem, por cualquiera de las redes operadoras actuales con cobertura en la zona.

En el **centro de control** se estudia la información, para conocer en detalle la calidad del agua que se dispone en cada momento y en cada profundidad, lo cual permite optimizar su utilización en los diversos usos a los que vaya a ser destinada, en cumplimiento de la normativa vigente y en beneficio de todos los usuarios y explotadores.

Con dicha **información** no solamente es posible una gestión efectiva del agua y la actuación preventiva frente a episodios de contaminación, sino la planificación de implantación de infraestructuras necesarias para un óptimo uso de la misma, tales como colectores de obra de toma automatizados.



5.3 INSTALACIÓN EN LA PRESA DE CUEVA FORADADA

5.3.1 INTRODUCCIÓN

El **embalse de Cueva Foradada** recoge las aguas del río Martín y las surgencias de Alcaine aguas arriba del embalse. El uso principal del embalse son los riegos para las localidades situadas aguas abajo (Oliete, Ariño, Albalate del Arzobispo, La Puebla de Híjar, Escatrón, etc.), cuyos usuarios pertenecen al "Sindicato Central de Riegos de los pantanos de Cueva Foradada y Arroyo Escuriza", domiciliado en Híjar. También se utiliza para abastecimiento (Mancomunidad de Aguas del Bajo Martín).

La presa fue terminada en 1926, y su capacidad es de 26 Hm³.



El agua para riegos se puede verter por 3 tomas diferentes (572,93 msnm, 554,93 msnm y 541,93 msnm) aunque la que más se usa es la intermedia.

Además existe la posibilidad de desaguar de fondo a través de dos desagües, uno situado en la presa y otro situado en una galería que atraviesa la ladera izquierda.

El desagüe de fondo de la presa se encuentra bajo el nivel de los lodos (nivel de

lodos aproximadamente en la cota 547,5 msnm), aunque existe un canal a través de los sedimentos, que permite su funcionamiento.

El agua para abastecimiento se toma de los manantiales que existen al pie de la presa y que recogen también filtraciones de la misma. El abastecimiento es para Oliete y otros municipios agrupados en la Mancomunidad de Aguas del Bajo Martín. En época de estratificación, las filtraciones suelen provenir de capas inferiores, y han llegado a alterar la calidad del agua captada con hierro y manganeso.

Para el seguimiento de estas situaciones, en el mes de marzo de 2009 se realizó la instalación en la presa de una sonda Aquadam.

5.3.2 SEGUIMIENTO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA SONDA

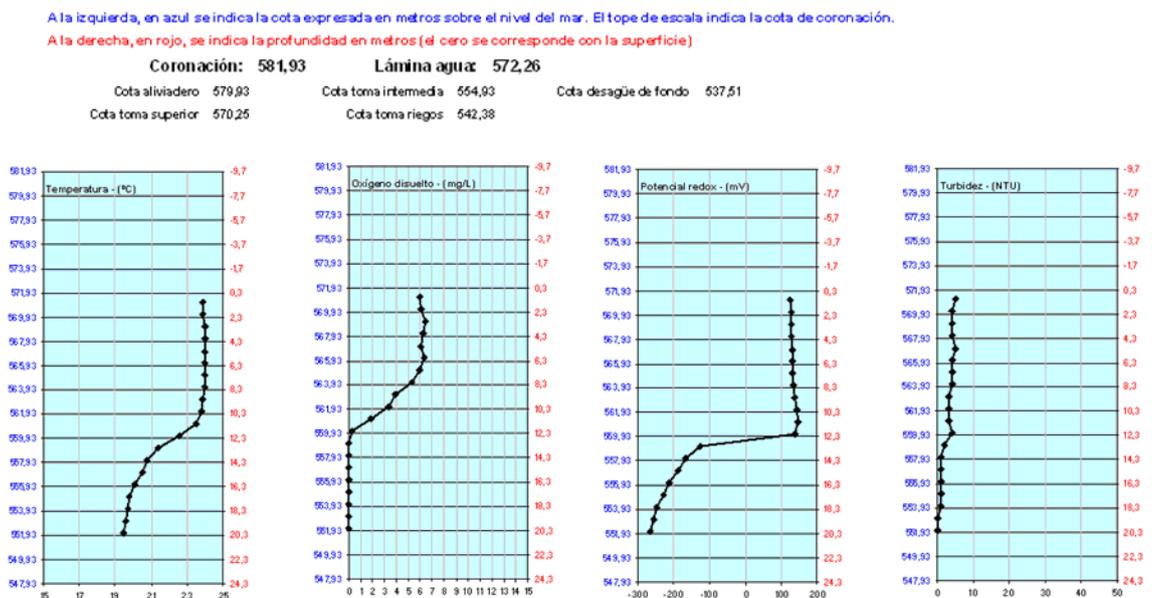
Los primeros perfiles disponibles son del día 12 de marzo. No obstante, se considera que hasta mitad del mes de abril la evolución de las señales no fue totalmente correcta.

Desde la puesta en marcha se observó una cierta estratificación térmica, que poco a poco fue acentuándose. A partir del 23 de mayo se empiezan a medir concentraciones de oxígeno en profundidad inferiores a 1 mg/L.

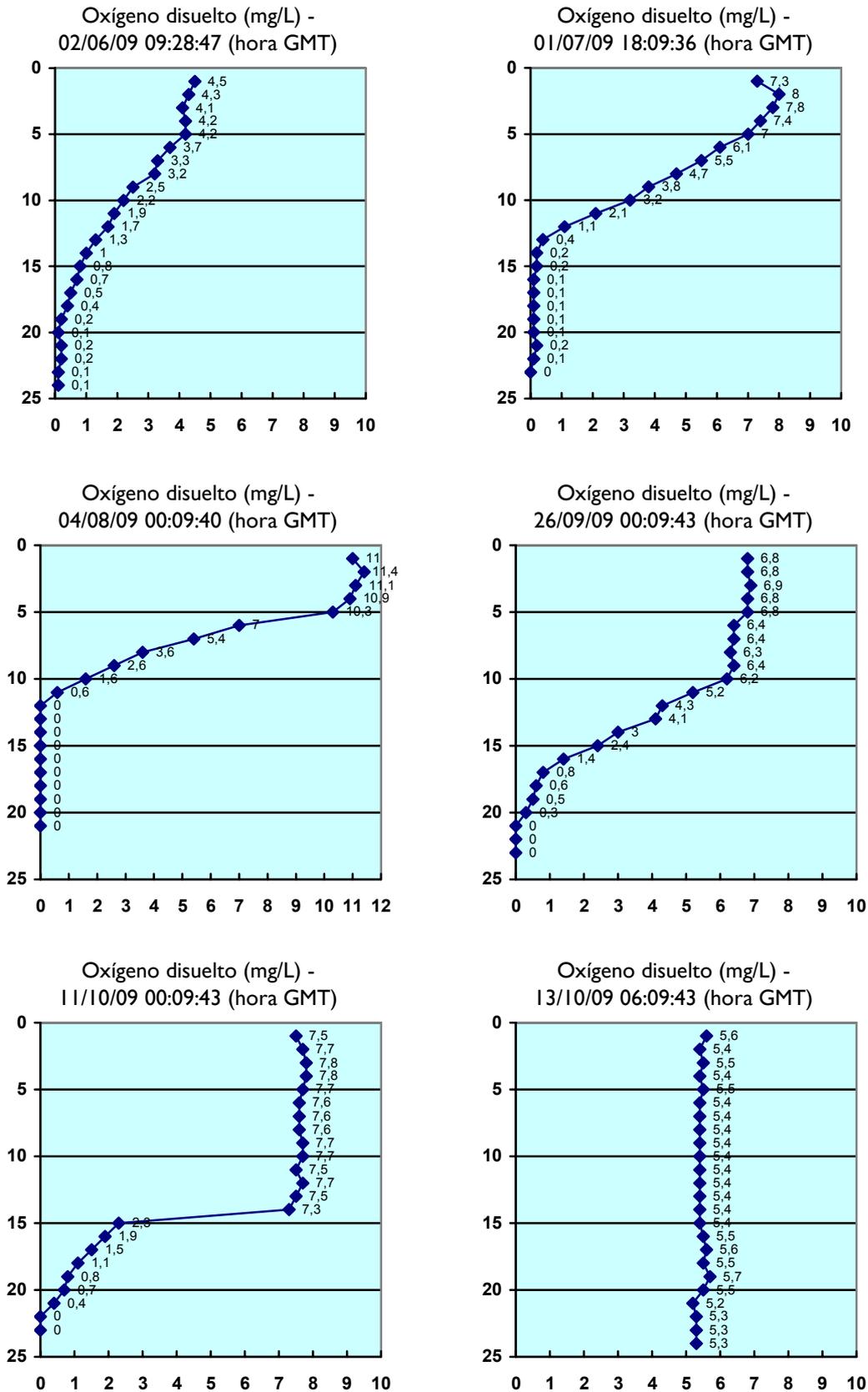
A partir de los primeros días de agosto se empieza a observar una tendencia a reducirse la diferencia de temperatura entre superficie y fondo, pero no es hasta mitad de septiembre cuando ésta se hace muy pequeña.

En relación al oxígeno disuelto, a partir de junio, la concentración es prácticamente cero a partir de los 15 metros de profundidad. Desde el momento en que se rompe la estratificación térmica (mitad de septiembre), se observa una lenta tendencia a oxigenarse de las capas profundas. Es a partir del 10 de octubre cuando ya dejan de darse condiciones anóxicas en profundidad, y un par de días después el perfil aparece prácticamente vertical. Posteriormente, en los últimos días de octubre, se vuelve a observar un perfil marcado de oxígeno. Esta situación se rompe el 2 de noviembre. A partir de entonces los perfiles observados para el oxígeno son prácticamente verticales.

El siguiente gráfico, correspondiente al día 10 de septiembre, muestra a modo de ejemplo la evolución de la temperatura, oxígeno disuelto, potencial redox y turbidez durante la fase final de la estratificación, cuando ya la estratificación térmica estaba reduciéndose y el potencial redox era más fuertemente negativo).



A continuación se muestran 6 perfiles de oxígeno, en los que se pueden observar las distintas situaciones que se han registrado en el año.



En abscisas se representa el valor medido (mg/L para el oxígeno); en ordenadas la profundidad de la lámina de agua (el cero es la superficie).

En las tres siguientes páginas se han incluido unos gráficos que intentan mostrar de forma comprensible el comportamiento de la temperatura, el oxígeno disuelto y el potencial redox desde el mes de abril hasta el final de 2009.

En el primer gráfico de cada página se realiza una representación de los datos recibidos en 3 dimensiones. Aunque puede resultar más “vistosa”, esta forma de mostrar los datos hace algo difícil extraer información concreta.

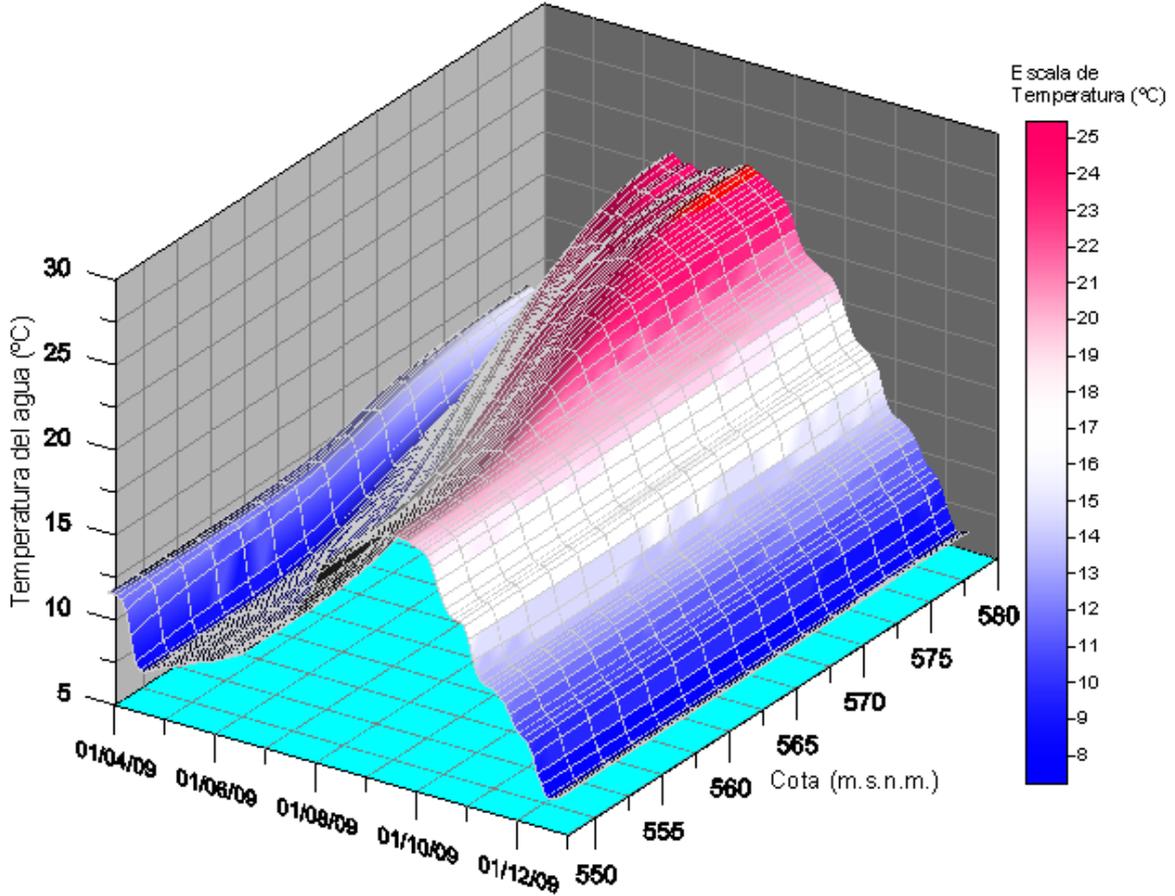
El segundo representa el cálculo de isolíneas para cada uno de los parámetros. En él se representan, como líneas horizontales, la cota de coronación (581,93 msnm), la toma superior (570,25 msnm) y la intermedia (554,93 msnm).

Se ha considerado que los tres parámetros representados son los más característicos para la explicación de la evolución de la calidad de las aguas en el embalse: la temperatura como causante de la estratificación, y el oxígeno disuelto y potencial redox como consecuencia de esta estratificación.

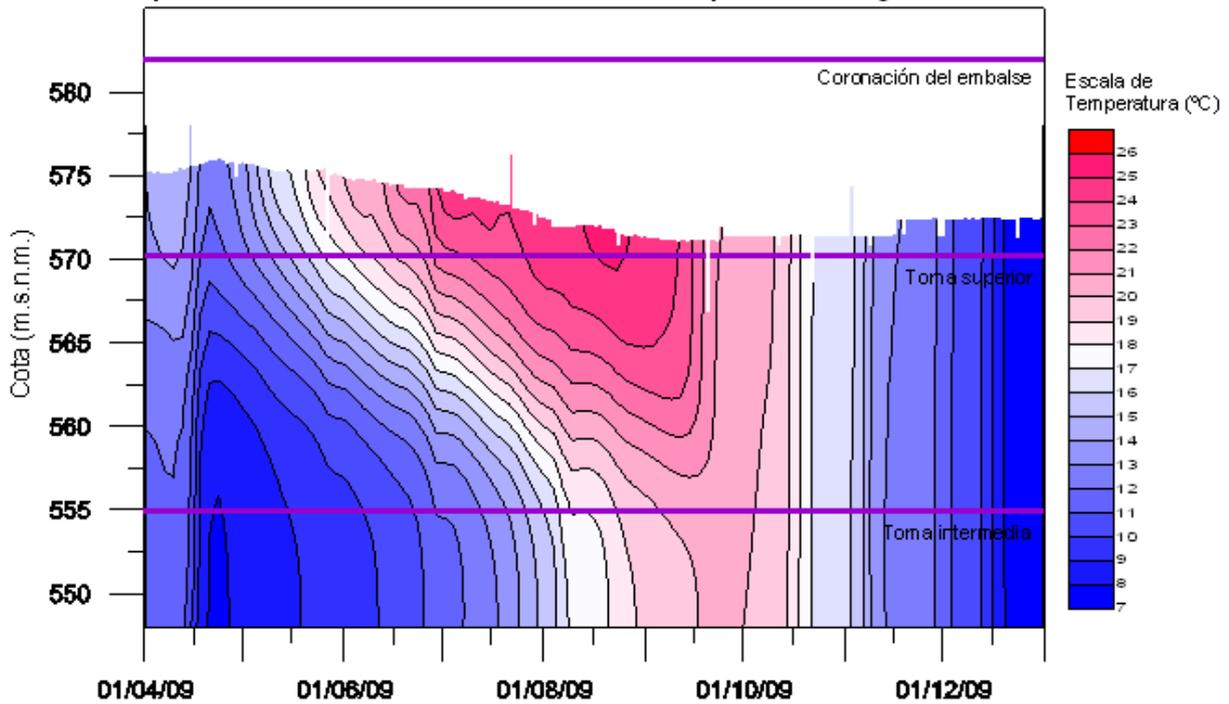
Los valores de potencial redox serían los que van a condicionar la posibilidad de redisolución, entre otros, de hierro y manganeso desde los sedimentos, así como la aparición de olores causados principalmente por el sulfhídrico.

Tras el estudio de los gráficos se extraen una serie de conclusiones, aunque algunas son redundantes con el resumen ya emitido al principio del apartado.

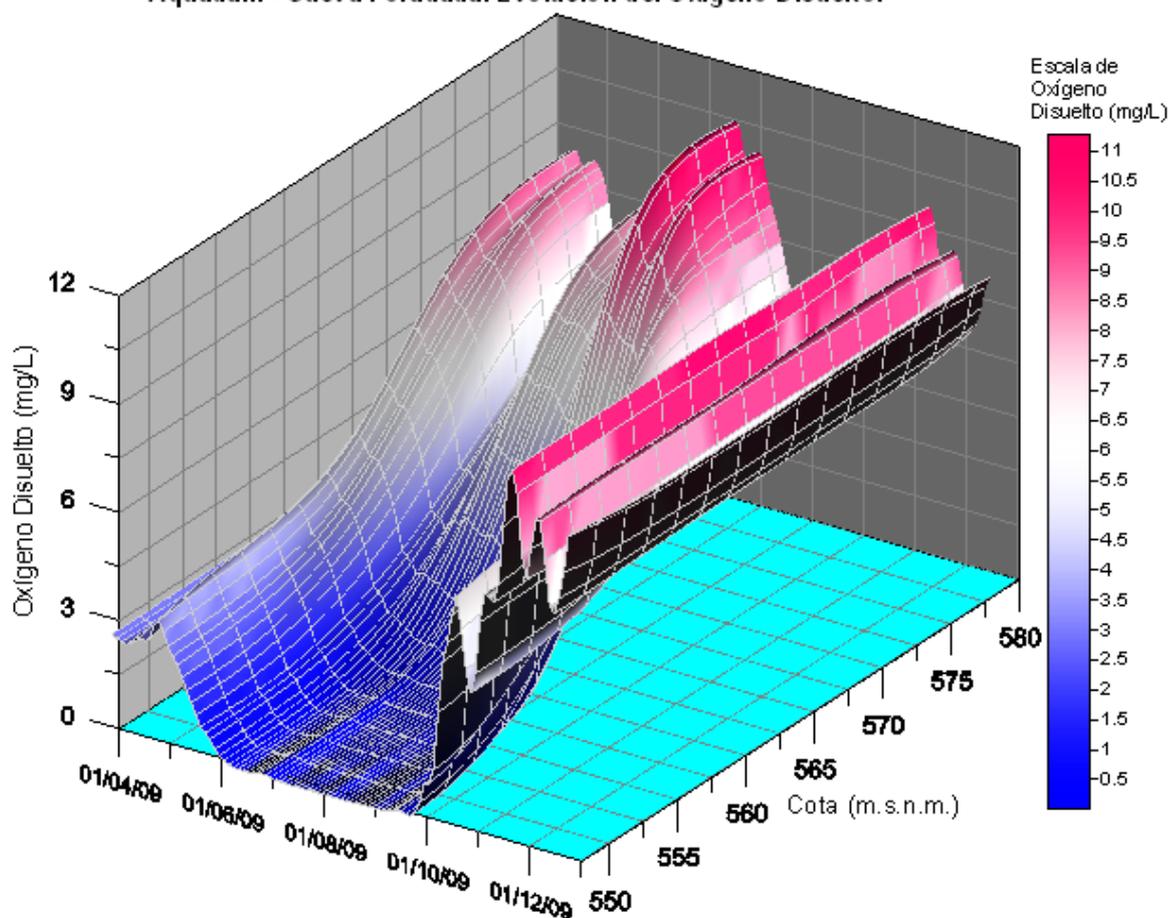
Aquadam - Cueva Foradada. Evolución de la Temperatura del Agua.



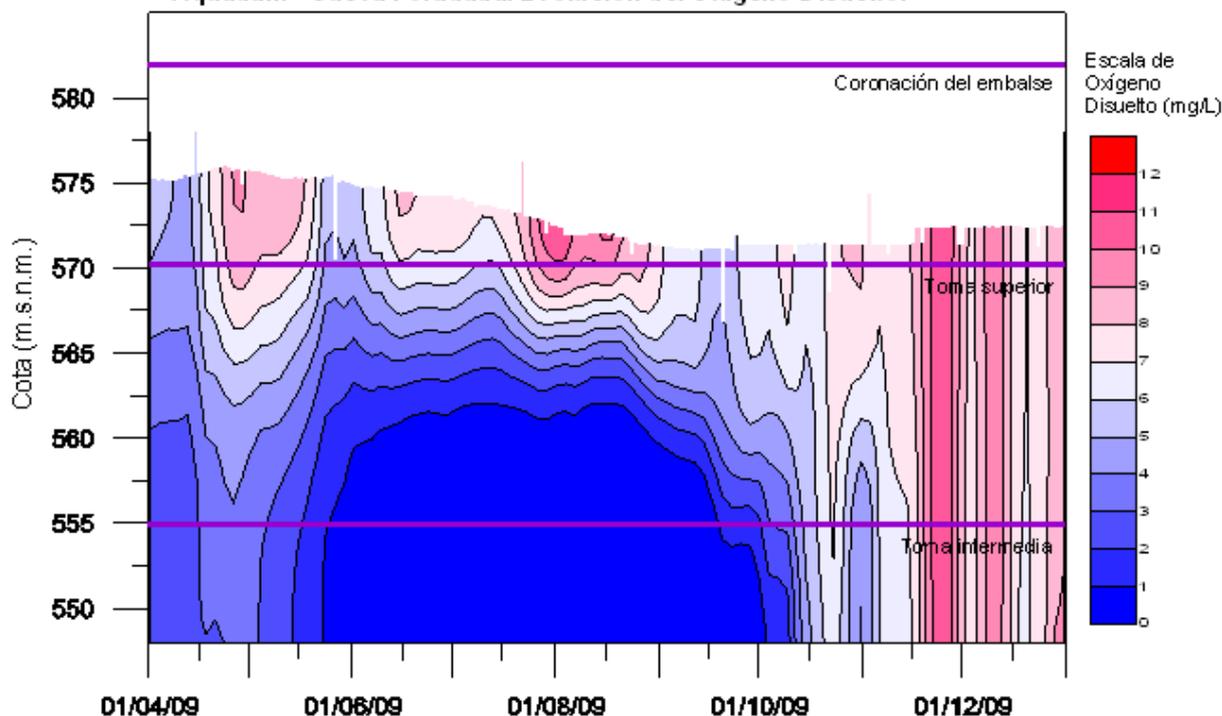
Aquadam - Cueva Foradada. Evolución de la Temperatura del Agua.



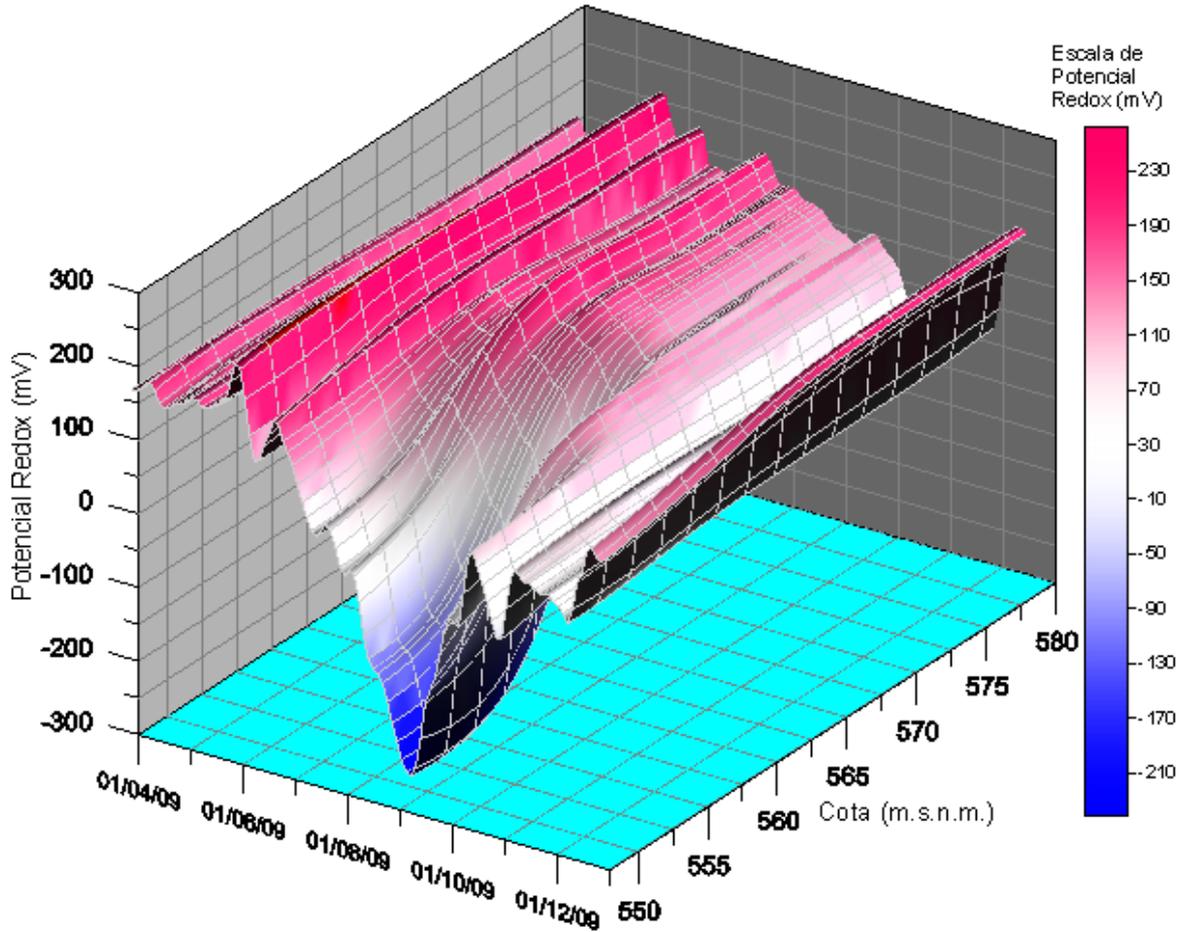
Aquadam - Cueva Foradada. Evolución del Oxígeno Disuelto.



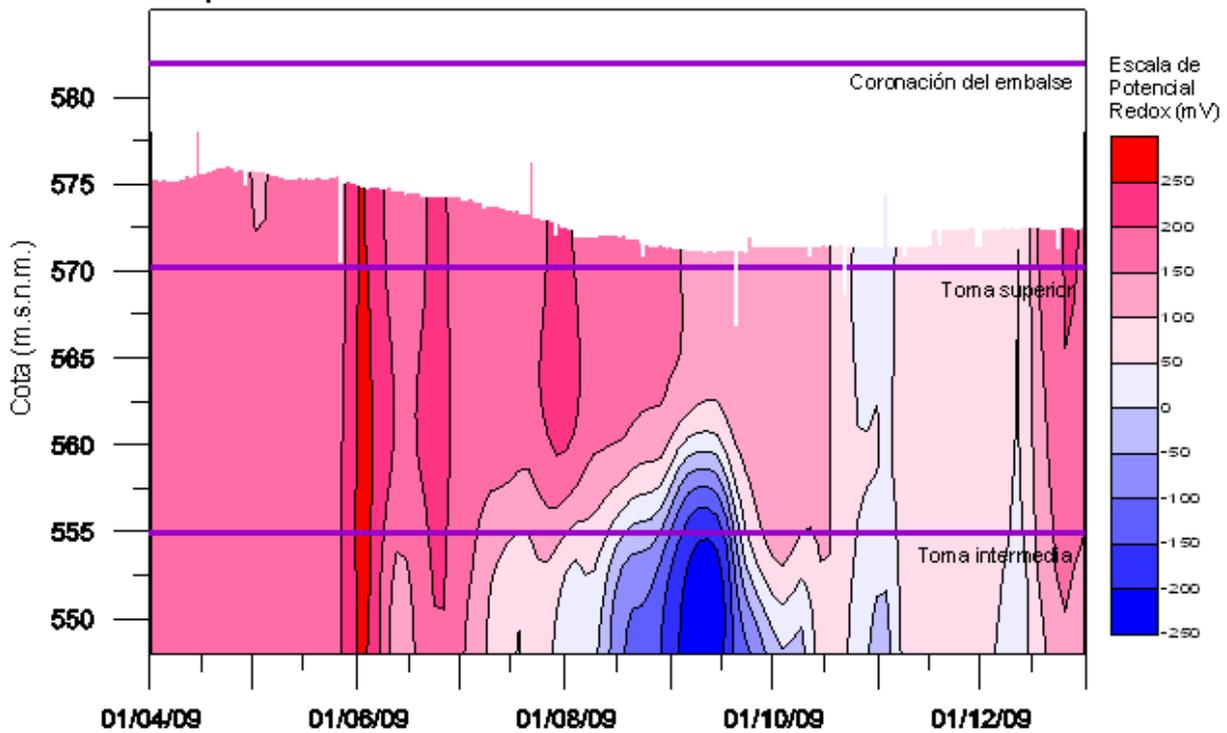
Aquadam - Cueva Foradada. Evolución del Oxígeno Disuelto.



Aquadam - Cueva Foradada. Evolución del Potencial Redox.



Aquadam - Cueva Foradada. Evolución del Potencial Redox.



Temperatura del agua

Se observa ya desde abril un cierto gradiente. Es a mitad de julio cuando es mayor la diferencia de temperatura entre fondo y superficie (hasta 13°C).

A partir de los primeros días de octubre el gradiente de temperatura se hace menor de 2°C. La situación se mantiene sin cambios, con perfiles verticales (con los valores descendiendo progresivamente) hasta fin de año.

Oxígeno disuelto

Desde abril se observa un cierto gradiente. La cota de la toma intermedia se encuentra en condiciones anóxicas desde finales de mayo a los primeros días de octubre.

Desde principio de junio a septiembre la cota a la que se mide oxígeno cero está sobre los 562 msnm, que viene a corresponder a profundidades entre 9 y 11 metros (según el grado de llenado del embalse), y unos 7,5 metros por debajo de la cota de la toma superior.

A partir del 15 de octubre ya se observa un gradiente de oxígeno muy pequeño, aunque en los primeros días de noviembre, de forma para nosotros inesperada, se vuelve a producir una reducción de concentración en el fondo, no asociada a cambios en los perfiles de la temperatura.

Potencial redox

Hasta los primeros días de julio no se empieza a ver un descenso de los valores en el fondo (ya hace más de un mes que se medían concentraciones cero de oxígeno).

Desde primeros de agosto al 20 de septiembre se miden valores negativos a la altura de la toma intermedia.

Para primeros de octubre ya se ven perfiles totalmente verticales, aunque en los primeros días de noviembre, al igual que ocurre con el oxígeno, se vuelven a medir valores en fondo más negativos.

Entre el 1 y el 20 de septiembre se dan los resultados más negativos en las cotas bajas, llegando a medirse menos de -250 mV.

En entornos con potencial redox bajo (por debajo de 100 mV) se empiezan a ver favorecidos los fenómenos de reducción del manganeso y de hierro, que pueden empezar a redisolverse desde los sedimentos, así como de los nitratos.

Con valores de potencial por debajo de -150 mV, y si las especies antes citadas reducen su disponibilidad, empiezan a favorecerse las reacciones de reducción de sulfato, con producción de SH_2 (en esta situación se puede ver reducida la disponibilidad de hierro disuelto por la precipitación del sulfuro, muy poco soluble).

Por debajo de -250 mV puede darse la metanogénesis, aunque en principio las bacterias metanogénicas no compiten de forma efectiva con las reductoras de sulfato, por lo que en entornos ricos en sulfatos, como el de este embalse, no es esperable que la producción de metano resulte significativa en los sedimentos de fondo aun en las condiciones de potencial tan negativo como las que se han medido en el mes de septiembre.

5.4 INSTALACIÓN EN LA PRESA DE LA TRANQUERA

5.4.1 INTRODUCCIÓN

El **embalse de La Tranquera** ubicado en la cuenca del río Piedra con una capacidad de 84,26 Hm³, abastece de agua entre otras localidades a la población de Calatayud.

La presa fue construida en el año 1959 y diseñada inicialmente para suministro de agua de riego. Consta de dos tomas a las cotas 648,84 msnm y 656,50 msnm respectivamente.

En la batimetría del embalse realizada recientemente se ha ubicado la sedimentación de fangos a la cota 647,84 msnm, muy cercana a la primera toma de riegos que en la actualidad se utiliza para el suministro de agua potable.

Esta situación, junto los procesos habituales de **mezcla y estratificación** del agua embalsada según las diferentes épocas del año, puede haber causado problemas en la calidad del agua de abastecimiento a Calatayud.

Como parte de las medidas que la Confederación está desarrollando para colaborar con las administraciones competentes en el abastecimiento de agua de calidad a



Calatayud, el 13 de octubre se iniciaron los trabajos de instalación de una sonda Aquadam en la presa de La Tranquera.

El 17 de noviembre se recibieron los primeros perfiles en el centro de control, todavía en fase de prueba.

En la primera semana de diciembre se instaló una sonda que mide la clorofila.

5.4.2 SEGUIMIENTO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA SONDA

Desde su puesta en marcha, el equipo ha funcionado sin problemas importantes. No se han observado situaciones de estratificación ni de condiciones deficientes de calidad.

A continuación se muestra, a modo de ejemplo, uno de los perfiles tipo obtenidos hasta el momento.

adasa CONTROL DE LA CALIDAD DE EMBALSES. Sonda AQUADAM
PERFILES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS
81 - Aquadam - La Tranquera **24/12/2009 12:09 (Hora GMT)**

A la izquierda, en azul se indica la cota expresada en metros sobre el nivel del mar. El tope de escala indica la cota de coronación.
 A la derecha, en rojo, se indica la profundidad en metros (el cero se corresponde con la superficie)

Coronación: 687,45 **Lámina agua: 679,89**
 Nivel máximo embalse 685,5 Nuevas tomas riego 656,5 Cota teórica de capa de barro sedimentado 647,84
 Nivel máximo embalse normal 685 Toma abastecimiento 2009 648,84

