



INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1.- LA IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL ABASTECIMIENTO	3
1.2.- PROBLEMÁTICA DEL EMBALSE DE AMADORIO	7
1.3.- OBJETIVO DEL TRABAJO.	10
1.4.- ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO.....	12
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO: EMBALSE DE AMADORIO.	15
2.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA (EL SISTEMA DE LA MARINA BAJA).....	15
2.2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE	19
2.3.- LA MULTITOMA	23
2.4.- SONDA MULTIPARAMÉTRICA	25
3. ESTUDIOS PREVIOS Y DATOS DISPONIBLES.	27
3.1.- ANTECEDENTES	27
3.2.- RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.	31
4. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DEL EMBALSE DE AMADORIO.....	37
4.1.- RÉGIMEN HIDROLÓGICO DEL EMBALSE /Y USO DEL EMBALSE.....	37
4.2.- ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS.....	41
4.2.1.- <i>Análisis estacional</i>	41
4.3.- ANÁLISIS DEL RÉGIMEN DE ESTRATIFICACIÓN TÉRMICA DEL EMBALSE.	54
4.4.- ANÁLISIS DE MOMENTOS TEMPORALES CONCRETOS.....	72
4.5.- CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS.	79
5. METODOLOGÍA.	82
5.1.- DEFINICIÓN CONCEPTO DE EXTRACCIÓN SELECTIVA.	82
5.2.- CONSIDERACIONES TEÓRICAS Y DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA.	91
5.3.- DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA PARA LA SITUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LAS EXTRACCIONES.	97
6. ANÁLISIS DE SITUACIONES	103
6.1.- GESTIÓN EN TIEMPO REAL.	103
6.2.- ANÁLISIS TEMPORAL.	105
6.2.1.- <i>Análisis del amanecer</i>	109
6.2.2.- <i>Análisis de la mañana</i>	122
6.2.3.- <i>Análisis de la tarde</i>	128
6.2.4.- <i>Análisis de la noche</i>	133
6.3.- ANÁLISIS DÍA 1 DE JUNIO.	137
6.4.- COMPARACIÓN CALIDAD DEL AGUA EXTRAÍDA MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO ORDINARIO DE EXTRACCIÓN Y LA PRESENTE METODOLOGÍA.	139
6.5.- APLICACIÓN A OTROS DÍAS.....	144
7. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES FINALES.	147
8. BIBLIOGRAFÍA.....	152
9. ANEXOS	154



9.1.- ANEJO 1. TABLA DEL ANEJO I DEL REAL DECRETO 1541/1994, DE 8 DE JULIO, POR EL QUE SE MODIFICA EL ANEXO I DEL REGLAMENTO DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DEL AGUA Y DE LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA APROBADO POR EL REAL DECRETO 927/1988, DE 29-7-1988 (BOE NÚM. 179, DE 28 DE JULIO DE 1994).....	155
9.2.- ANEJO 2. TABLA DE LA DEPENDENCIA DE LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO RESPECTO A LA TEMPERATURA DEL AGUA (BAIN Y STEVENSON 1999)	157
9.3.- ANEJO 3. CÓDIGO (VBA).....	159
9.4.- ANEJO 4. TABLAS COMPLETAS RELATIVAS A LAS ALTERNATIVAS DE EXTRACCIÓN DE AGUA OBTENIDAS PARA EL DÍA 1 DE JUNIO DEL 2012, ANALIZADAS EN EL APARTADO 6.	162
9.5.- ANEJO 5. EJEMPLOS DE RESULTADOS DE SIMULACIONES DE EXTRACCIÓN PARA OTROS DÍAS DISTINTOS A LOS ANALIZADOS.	173
10. LISTADO DE FIGURAS Y TABLAS.....	206



1. INTRODUCCIÓN

1.1.- La importancia de la calidad del agua en el abastecimiento.

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico.

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral; los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales; la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo; por los factores hidrológicos y los procesos biológicos en el medio acuático, que pueden alterar la composición física y química del agua.

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos.

Cabe destacar que la baja calidad del agua, también afecta directamente sobre la cantidad de ésta, ya que el agua contaminada que no puede utilizarse para consumo, baño, industria o la agricultura, reduce de forma efectiva la cantidad de agua disponible en una determinada zona.

Considerando que la utilización creciente de recursos de agua destinada al consumo, hace necesaria la reducción de la contaminación del agua y la protección de ésta frente a una ulterior degradación, y teniendo en cuenta la necesidad de proteger la salud pública



y ejercer a tal fin un control de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, así como de su depuración, se adoptan a nivel comunitario las siguientes directivas:

- Directiva 75/440/CEE, 16 de junio de 1975, relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, derogada por la directiva 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (DMA).
- Directiva 98/83/CE, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.

Por otra parte, la adhesión de España a la comunidad europea comporta la necesidad de incorporar explícitamente al Derecho español aquellas disposiciones comunitarias de obligado cumplimiento. En consecuencia:

- Directiva 75/440/CEE, se transpone al ordenamiento jurídico interno mediante *Orden Ministerial* de 11 de mayo de 1988, *sobre características básicas de la calidad que deben mantenerse en las corrientes superficiales destinadas a la producción de agua potable*, modificada por la *Orden Ministerial* de 15 de octubre de 1990 y *Orden Ministerial* de 30 de noviembre de 1994.

A los efectos de la presente Orden, las aguas continentales superficiales, sean de ríos o arroyos; embalses o pantanos, naturales o artificiales; o lagos, lagunas o charcas, en que existan aprovechamientos destinados a abastecimiento de aguas potables, serán clasificados en tres categorías según el grado de tratamiento que deben recibir para su potabilización.

- Categoría A1: Tratamiento físico simple y desinfección, por ejemplo, filtración rápida y desinfección.



- Categoría A2: Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección, por ejemplo, precloración, coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección (cloración final).
 - Categoría A3: Tratamiento físico y químico intensivos, afino y desinfección, por ejemplo, cloración hasta el “break point”, coagulación, floculación, decantación, filtración, afino (carbono activo) y desinfección (ozono, cloración final).
- Directiva 98/83/CE, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano exige la incorporación de la misma al derecho interno español con la elaboración de un nuevo texto que recoja las nuevas especificaciones de carácter científico y técnico y posibiliten un marco legal más acorde, tanto con las necesidades actuales, como con los avances y progresos de los últimos años en lo que a las aguas de consumo humano se refiere, estableciendo las medidas sanitarias y de control necesarias para la protección de la salud de los consumidores, mediante el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Estos criterios se aplicarán a todas aquellas aguas que, independientemente de su origen y del tratamiento de potabilización que reciban, se utilicen en la industria alimentaria o se suministren a través de redes de distribución pública o privada, depósitos o cisternas.

En cuanto a normativa nacional a la que hay que referirse para el uso de Agua prepotable, se citan las siguientes:

- Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica Anexo 1), en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas. (RAPAPH)

- Real Decreto 1541/1994, de 8 de julio, por el que se modifica el Anexo 1 del Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica

Los niveles de calidad que deben cumplir los distintos tramos de ríos se fijan en los planes hidrológicos de cuenca.

Por tanto, el diagnóstico de calidad se realizará en base a estos criterios citados anteriormente y a la clasificación trófica establecida por la *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD).

En la tabla adjunta, se muestra la clasificación trófica, según el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente, siguiendo los criterios de la OECD, de lagos y embalses en función de los valores medios y máximos de clorofila a registrados.

Categoría trófica	Clorofila media	Clorofila máxima
Ultraoligotrófico.	<1	<25
Oligotrófico.	<2.5	<8
Mesotrófico.	2.5-8	8-25
Eutrófico.	8-25	25-75
Hiperutrófico.	>25	>75
Clorofila media = media anual de la concentración de clorofila a en aguas superficiales (mg/m ³ Cl a).		
Clorofila máxima = pico anual de la concentración de clorofila a en aguas superficiales (mg/m ³ Cl a).		

Tabla 1. Clasificación trófica establecida por la OECD (1982).

Fuente: Criterios OECD.



1.2.- Problemática del embalse de Amadorio

A nivel global, el principal problema relacionado con la calidad del agua lo constituye la eutrofización, que es un proceso de deterioro de la calidad del agua que se origina por el enriquecimiento de nutrientes de las masas de agua, procedentes de fuentes tanto puntuales como difusas.

Los nutrientes más importantes en este aspecto son los que constituyen un factor limitante de la producción primaria como el nitrógeno y el fósforo. Este enriquecimiento causa un crecimiento acelerado de algas y otras formas de vida vegetal, que interfieren con los distintos usos del medio hídrico.

Las mayores fuentes de nutrientes provienen de la escorrentía agrícola y de las aguas residuales domésticas (también fuente de contaminación microbiana); de efluentes industriales; emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de combustibles fósiles y de los incendios forestales. Ahora bien, mientras las entradas de fósforo proceden de fuentes puntuales (o al menos localizadas), las vías de introducción del nitrógeno son mucho más difusas y, por tanto, más difíciles de controlar.

Los lagos y los embalses son especialmente susceptibles a los impactos negativos de la eutrofización debido a su complejo dinamismo, con un periodo de residencia del agua relativamente largo, y al hecho de que concentran los contaminantes procedentes de las cuencas de drenaje.

El embalse de Amadorio presenta ciertos problemas en la calidad de sus aguas, en relación con los usos a las que estas se destinan.

En estos momentos se es consciente de que el embalse de Amadorio sufre un proceso de deterioro, reflejado en un incremento de la eutrofización de sus aguas. Este embalse, recibe principalmente las aportaciones procedentes de los excedentes de la cuenca del Guadalest y Algar, que son transportadas por el Canal bajo del Algar, y las aportaciones del río Torres, retornos de riego principalmente. La calidad de las aguas en su transporte

desde la cuenca del Algar-Guadalest parece que empeora durante el recorrido, lo que explicaría el progresivo deterioro del embalse.

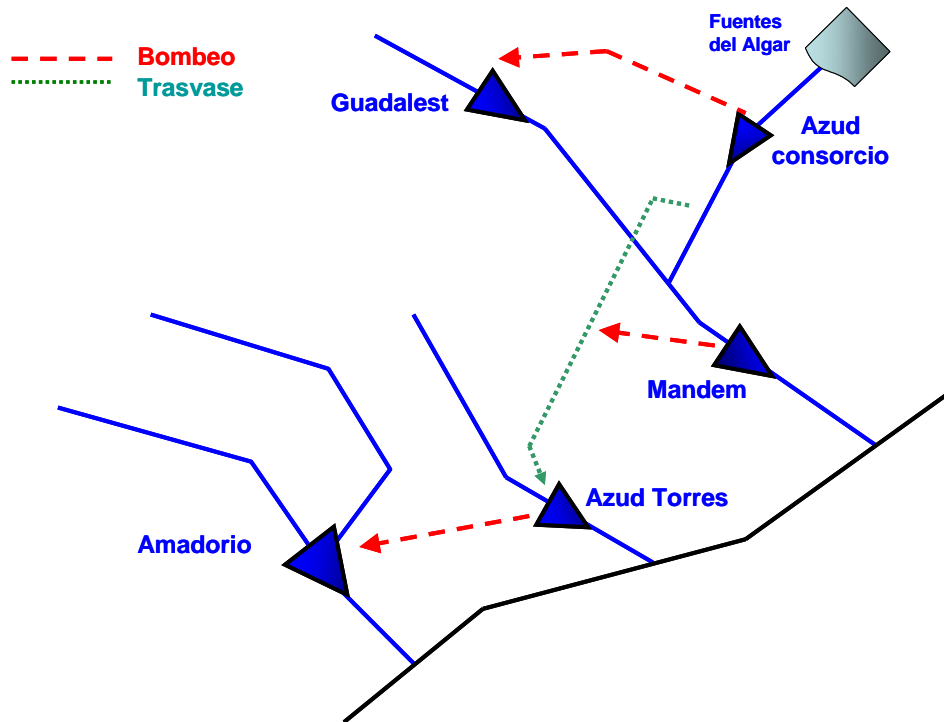


Figura 1. Esquema del Sistema de explotación de La Marina Baja.

Según el Informe elaborado por la Confederación Hidrográfica del Júcar “Informe Anual: Evaluación del Estado en embalses año 2012”, en el que se recoge los resultados de la evaluación del estado de las masas de agua muy modificadas por la presencia de presas (embalses) en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar para el año 2012, a partir de los resultados obtenidos en la evaluación del potencial ecológico y del estado químico de cada masa, el embalse de Amadorio presenta problemas de eutrofización que influyen en la calidad del agua de salida del embalse.

Para el cálculo del potencial ecológico, la Instrucción de Planificación Hidrológica (ARM/2656/2008, en adelante IPH) establece una serie de indicadores de calidad biológicos, hidromorfológicos y físico-químicos para la categoría de masas de agua artificiales y muy modificadas asimilables a lagos, (embalses).



La IPH establece los siguientes parámetros como indicadores de calidad biológicos para masas de agua muy modificadas asimilables a lagos (embalses): concentración de clorofila a, biovolumen total de fitoplancton, Índice de Grupos Algales (IGA) y porcentaje de cianobacterias

Según dicho Informe, el embalse se encuentra en un estado mesotrófico- oligotrófico, de acuerdo a la concentración de Clorofila a.

Con respecto a la valoración del potencial ecológico, en el embalse de Amadorio se sigue obteniendo una valoración máxima, no habiéndose observado indicios de un nuevo “Bloom” de cianobacterias

La eutrofización del embalse, los ciclos de estratificación térmica y las instalaciones de toma anteriores han producido problemas continuados, sobre todo en los meses de verano, en cuanto a una deficiente calidad del agua de salida del embalse.

Para resolver este problema se creó una infraestructura multitoma que permitiera extraer agua a diferentes profundidades y así mejorar la calidad del agua de salida.

1.3.- Objetivo del trabajo.

El objetivo del presente trabajo consiste en la optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante), en función de unas reglas predefinidas y la situación del embalse en cada momento, debido a que, las diferencias existentes entre los perfiles de concentraciones de los distintos constituyentes, imposibilitan garantizar en todo momento que las sueltas que se realicen a través de la multitoma instalada en el propio embalse, representen la calidad óptima para todos los constituyentes a la vez.

Con objeto de llegar a una solución de compromiso, en función de la importancia de los diferentes constituyentes para el uso del abastecimiento, el presente trabajo desarrolla una nueva metodología a través de un modelo numérico llamado SELECT, que es un modelo unidimensional en estado estacionario de extracción de un embalse estratificado.

El programa SELECT (*Davis, J. E., Holland, J. P., Schneider, M. L., and Wilhelms, S. C., 1987, "SELECT: A numerical one-dimensional model for selective withdrawal," Instruction Report E-87-2, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS*) desarrollado por el USACE, permite, a partir de los perfiles de temperatura y otros constituyentes y de la información de las instalaciones de desagüe, estimar en "tiempo real" la zona de influencia de la extracción del agua y la calidad en función de los perfiles disponibles.

Dicha herramienta, SELECT, está desarrollada en hoja de cálculo Excel, por lo que el modelo desarrollado ha sido programado en el lenguaje Visual Basic para Aplicaciones (VBA).

En cuanto a la metodología de optimización considerada, se desarrolla un método de Monte Carlo junto con un análisis posterior manual de los resultados de las simulaciones múltiples, asumiendo que el número de puertos disponibles de la multitoma son seis y fijando un caudal objetivo estimado en función del caudal que se extrajo en el embalse en la época que se esté analizando.



Cada iteración realizada consiste en:

- Definir una posible combinación de uso de puertos (tomas de la multitoma), de tal forma que la cantidad de agua extraída sume el caudal objetivo.
- Una vez que se definen esos valores se recalcula, por código, la hoja de cálculo entera.
- Una vez recalculada la hoja de cálculo, los valores de las concentraciones de salida de agua de los diferentes constituyentes que se están modelando se copian y se guardan junto con los caudales que se han utilizado en cada puerto dentro de la matriz de resultados.

El lanzamiento de las simulaciones múltiples se desglosa en dos partes:

1. Combinación de puertos: La simulación de combinación de puertos consiste en, probar todas las opciones posibles de extracción de agua entre los seis puertos asumiendo que se utilizan uno, dos, tres, cuatro, cinco o los seis puertos. En estas combinaciones se asume que los puertos que se utilizan extraen la misma cantidad de agua (p.ej. si se tiene que extraer $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en la combinación que se utilizan dos puertos cada uno extraería $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$). Estas simulaciones nos dan 97 posibles combinaciones.
2. Aplicación del método de Monte Carlo: la simulación de Monte Carlo consiste en generar valores aleatorios para los seis puertos cumpliendo que, la suma de todos ellos extraiga el caudal objetivo. En general se han hecho 100 simulaciones adicionales más.

Finalmente, tras cada iteración realizada, se guardan los datos de cuánta agua se ha extraído por cada toma y las concentraciones de salida de los diferentes constituyentes. Con ello, para cada situación analizada, se obtiene una matriz de resultados que posteriormente será analizada de forma manual y permitirá definir qué posibilidades son las óptimas en cada situación.



Con la aplicación del presente trabajo, se pretende paliar uno de los principales problemas a los que se enfrentan los responsables de la explotación de un embalse, como es la operación diaria o a corto plazo, que han de realizar mediante una estructura de extracción selectiva, para obtener una calidad del agua en cumplimiento a la normativa específica para el uso al que será destinada, ya que mediante esta aplicación, se alcanzará en tiempo real la decisión operativa que identificará por qué puertos se debe extraer el agua, así como la distribución asociada de flujo entre ellos, obteniendo así una óptima calidad del agua de extracción.

1.4.- Estructura del documento

El presente trabajo se estructura de la siguiente manera:

Una primera parte, en la que se va a describir el sistema de explotación en el que se encuentra el embalse de Amadorio, que es el Sistema de la Marina Baja y en el que se hace una breve descripción de la zona, haciendo referencia a las características más especificativas del mismo. Asimismo, se realiza una descripción general del embalse de Amadorio, con las características esenciales del mismo. Otro de los puntos a desarrollar, es la descripción de la multitoma instalada en el embalse, la cual permite extraer agua del embalse a diferentes profundidades, contribuyendo a una mejora de la calidad del agua extraída, y por último, se dedica un apartado a la descripción de la sonda autopositionable que proporciona mediciones de las variables de calidad que permiten luego observar la estratificación real del embalse.

Seguidamente, se dedica un apartado a detallar los estudios previos que anteceden al presente trabajo y que han servido de base para su desarrollo, y se describen en él, tanto la información disponible como los datos que han servido de base para la realización del trabajo, y las fuentes que lo han proporcionado.

Llegados a este punto, y previamente a entrar en el desarrollo de la metodología a aplicar, se realiza un análisis exhaustivo de la evolución de la calidad del agua en el embalse, habiéndose estudiado previamente el régimen hidrológico del mismo.

A continuación, se ha analizado la evolución temporal de los parámetros de calidad: temperatura, oxígeno disuelto, Clorofila a, conductividad eléctrica y pH, a lo largo de los años de estudio 2010, 2011 y 2012, y más concretamente durante en el período estival, por ser éste el de mayor demanda de abastecimiento. Y es en este apartado en el que se han analizado, de manera pormenorizada, los perfiles de todos los parámetros citados anteriormente, y realizado una comparativa en cuanto a los patrones a seguir en los diferentes años de estudio. También, se ha dedicado un subapartado específico para el estudio de la estratificación térmica del embalse, en función de la evolución de los parámetros oxígeno disuelto y temperatura a lo largo de la columna de agua del embalse.

Por último, se han realizado análisis de momentos temporales concretos, en los que se ha estudiado la evolución de dichos parámetros a lo largo del día, en cuatro momentos concretos que han sido, amanecer, mañana, tarde y noche, concluyendo finalmente con un breve resumen de los resultados obtenidos.

A partir de aquí, se ha desarrollado la metodología empleada en el presente trabajo, basada en la extracción selectiva en un embalse, con la correspondiente descripción y formulación en la que sustenta dicha práctica, y posteriormente, una vez desarrollada la base teórica en la que se apoya la metodología a emplear, se han descrito unas consideraciones teóricas y la descripción de la herramienta empleada SELECT.

Partiendo de esta base, el siguiente apartado se ha centrado en el desarrollo de la metodología y en el análisis exhaustivo de los resultados obtenidos con ésta. En primer lugar, se ha descrito el procedimiento para poner en práctica la herramienta informática, y una vez ha sido explicado, se ha procedido a analizar un día en concreto de los estudiados, con los ejemplos correspondientes y se ha realizado una comparativa entre los resultado obtenidos mediante la aplicación de esta metodología, con los obtenidos mediante la aplicación de las reglas de gestión que se llevan a cabo en la actualidad en el embalse de Amadorio.



Finalmente, se dedica un apartado para las conclusiones y recomendaciones finales, y se concluye con la bibliografía consultada durante la realización del mismo, y con los anejos.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO: EMBALSE DE AMADORIO.

2.1.- Descripción general de la zona (El Sistema de la Marina Baja)

El embalse de Amadorio pertenece al sistema de explotación de La Marina Baja, el cual se sitúa en la provincia de Alicante, entre los 1.100 m.s.n.m. y el mar Mediterráneo.

El sistema de explotación Marina Baja (Figura 2) comprende las cuencas propias de los ríos Algar y Amadorio y las subcuencas litorales comprendidas entre el río Algar y el límite sur del término de Villajoyosa. La superficie total de este sistema de explotación es de 607 km².

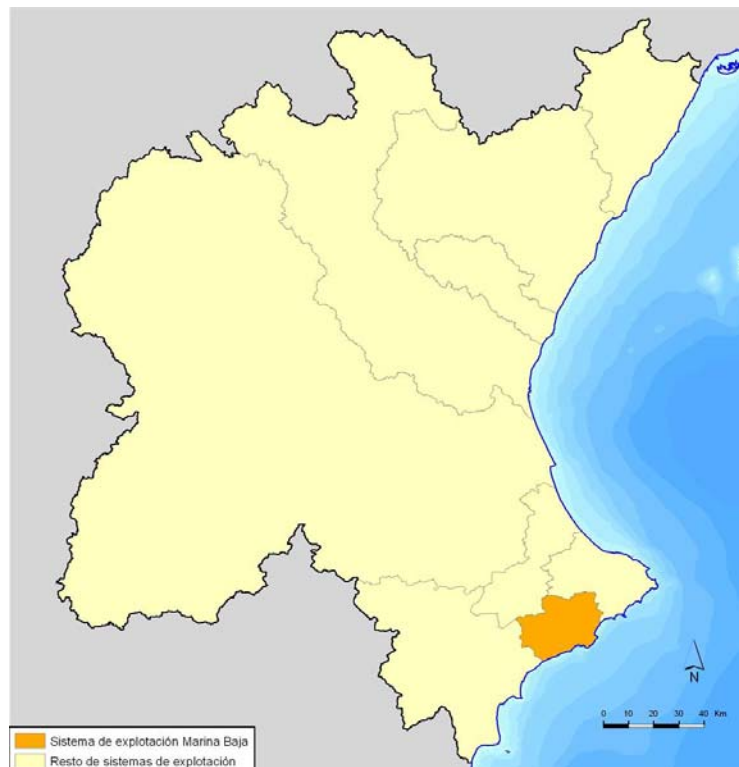


Figura 2. Sistema de explotación de la Marina Baja respecto al resto de sistemas de explotación considerados en la CHJ.

Fuente: Plan Hidrológico del Júcar- Anejo 6. Sistemas de explotación y balances.



La cuenca del río Amadorio, integrado por los ríos Sella y Amadorio, tiene su cabecera en las estribaciones meridionales del macizo montañoso de Aitana, y desagua en el mar Mediterráneo en Villajoyosa.

El río Amadorio tiene una cuenca de 205,2 km² y una longitud de 28,4 km. Nace en las Sierras del Ratamar, por la acumulación sucesiva de numerosos barrancos, destacando como más importantes el Monferri por la derecha, el Rogull por el centro y por la margen izquierda el Escuders, aportando aguas este último tan sólo en la época de lluvias. Sigue al sureste, entre las Sierras de la Grana y del Aguilar, donde se le unen por su margen izquierda los barrancos de la Surca y de los Bartolóns. Atraviesa lateralmente la población de Relleu con dirección suroeste, donde ya se le considera propiamente río Amadorio. Cambia de dirección de nuevo a sureste por debajo de Orcheta, entre cuyo término municipal y el de Villajoyosa se encuentra el embalse de Amadorio, en la cerrada constituida por los cerros del Voladonet y Rancallosa. Aguas abajo de este embalse recibe las aportaciones del río Sella y se prolonga hasta la localidad de Villajoyosa donde desemboca.

La cuenca del río Algar, de 93,7 km², se encuentra situada al sureste de la del Serpis y al sur de la del Gorgos. El río nace en la sierra del Ferrer, se encajona en las calizas de la parte más occidental de la Sierra de Bernia, donde se localizan las Fuentes del Algar y, aguas abajo, se produce la confluencia con el río Bolulla. Tras la confluencia con el río Guadalest, desemboca en el Mediterráneo en las proximidades de Altea.

El clima del sistema es mediterráneo semiárido, presentándose los valores más bajos, en lo que a precipitación se refiere, en la desembocadura del río Amadorio. Esta variable aumenta en sentido Norte-Oeste, alcanzándose en Callosa d'Ensarria casi los 600 mm.

La precipitación media anual es de 400 mm/año, y la temperatura media es de 16 °C.

En el sistema de explotación existen tres embalses: Guadalest, Amadorio y Relleu de la Marina, siendo los dos primeros los más importantes.

El sistema presenta 11 masas de agua superficial con una longitud de unos 60 km.

Respecto a las masas de agua subterráneas, indicar que hay 4 masas integradas parcialmente en el sistema de explotación (080.177 Sierra Aitana, 080.178 Serrella-Aixorta-Algar, 080.183 Orcheta y 080.184 San Juan-Benidorm), las cuales tienen la mayor parte de su superficie dentro del sistema.



Figura 3. Masas de agua subterránea en el Sistema de la Marina Baja.

Fuente: Anejo 6 “Sistemas de explotación y balances”, del RD 952/2014, 11 julio por el que se aprueba el Plan Hidrológico de la Demarcación del del Júcar.

El sistema alberga alrededor del 5% de la población total de la DHJ. Se han definido 3 UDU (unidades de demanda urbana), aunque cabe principalmente destacar la UDU “Consortio de Aguas de la Marina Baja”.

En el sistema se identifican las 4 UDA (unidades de demanda agraria) que se describen a continuación:

- Pequeños regadíos de la Marina Baja, que se localiza en los tramos alto y medio de los ríos Guadalest, Sella y Amadorio. Estos regadíos aprovechan tanto recursos fluyentes de estos ríos como aguas subterráneas.

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

- Riegos del Sindicato Algar-Guadalest, localizados concretamente en el tramo medio de los ríos Guadalest y Algar de los que aprovechan sus recursos junto a las extracciones de aguas subterráneas y a los manantiales del Algar.
- Riegos del Canal Bajo del Algar, que se localizan en el tramo bajo del río Guadalest y el interfluvio con el río Amadorio. Estos regadíos son de carácter mixto dado que aprovechan tanto aguas superficiales como subterráneas aunque la principal fuente de recursos es la reutilización de aguas residuales depuradas.
- Riegos del Amadorio, que incluye a la Comunidad de Regantes de Villajoyosa. Su principal fuente de recursos es la reutilización de aguas residuales depuradas aunque puede también aprovechar recursos superficiales del río Amadorio.

El sistema de explotación Marina Baja dispone de infraestructuras de diverso tipo que permiten la utilización conjunta de aguas superficiales, subterráneas y regeneradas. Esto se consigue con el bombeo y conducción de Algar a Guadalest, el Canal Bajo del Algar, la conducción general de Guadalest y la de Amadorio y la conducción de reutilización, que permite la distribución de las aguas regeneradas para agricultura.

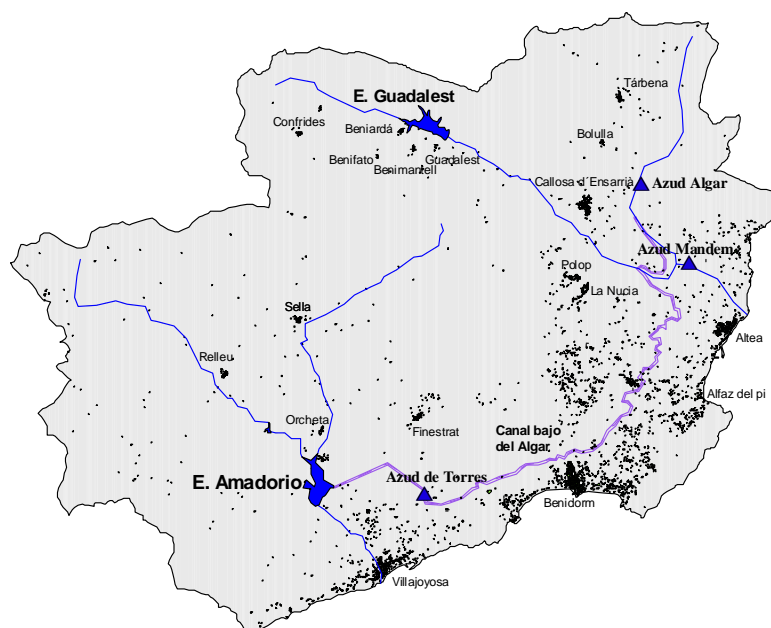


Figura 4. Localización embalses principales del Sistema de explotación de la Marina Baja.

Fuente: Informe sobre el Estudio de una regla de gestión para la multitoma del embalse de Amadorio- UPV. Año 2005.

2.2.- Descripción general del embalse

El proyecto y construcción de la presa de Amadorio forma parte del Plan General de Riegos de la provincia de Alicante redactado por Jesús Alberola Benavent en Mayo de 1939. En el mencionado plan se proponía la creación de pequeños embalses en los ríos Algar, Bolulla, Callosa, Amadorio, Monnegre y Vinalopó y la construcción de un canal general que se fuera alimentando de los embalses antedichos. Desde esta perspectiva se concibe y aprueba la construcción de la presa de Amadorio.

El embalse de Amadorio, en el río de este nombre, tiene por objeto aprovechar al máximo, los recursos hidráulicos de los ríos Amadorio y Sella para utilizarlos en el riego del término municipal de Villajoyosa. De esta forma el objetivo principal de la presa es la regulación de los recursos del río Amadorio.

El embalse de Amadorio fue construido en 1957 a lo largo del cauce del río con el mismo nombre el cual tiene una longitud de 28,4 km. Dicho río nace en las sierras de Retamar, continua su cauce hacia el sureste por las sierras de la Grana y del Aguilar donde se le unen los barrancos de la Surca y de los Bortolons por la izquierda, llega a la ciudad de Relleu donde recibe sus aguas residuales y donde existe un pequeño embalse destinado al riego que le está previsto ser rehabilitado para mejorar la regulación del río.

Aguas abajo de este embalse, el río recibe las aguas de los barrancos de la Pedrera y de la Cueva y finalmente se une al río Sella, su principal afluente, en el embalse de Amadorio. A partir de este punto, el caudal del río es mínimo. Finalmente desemboca en el mar mediterráneo tras atravesar la ciudad de Villajoyosa y de recoger las aguas de la depuradora de dicha ciudad.

El río Sella nace de la unión de los barrancos de Tangarina y el Segura en la sierra de Retamar. Sus aguas fluyen por la población de Sella donde recibe las aguas de la EDAR de esta población y del barranco de Arch por la margen izquierda. Aguas abajo se le unen, también por la margen izquierda, los barrancos de Charquer y el arroyo Salado.

Luego toma la dirección sureste, dejando la población de Orcheta en su margen derecha y desembocando en el embalse de Amadorio.

Dicho embalse recibe también una importante aportación de los sobrantes y esorrentías de los ríos Algar y Guadalest en el azud del Mandem, a través del Canal bajo del Algar (Figura 5), cuya capacidad de transporte es de $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$, hasta el azud del río Torres, donde se unen a las aportaciones de esta cuenca y a los vertidos de la EDAR de Finestrat, para finalmente ser impulsadas hasta el embalse de Amadorio, con una capacidad de $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figura 5. Trasvase al embalse de Amadorio.

Fuente: Plan Hidrológico del Júcar- Anejo 6. Sistemas de explotación y balances

La capacidad del embalse es de 16 hm^3 , tiene una presa de gravedad de 63 m de altura y 333 m de longitud de coronación y un aliviadero de compuertas de $400 \text{ m}^3/\text{s}$ de capacidad. Su superficie de lamina de agua es de 103 has y su profundidad es de 41 m.



Figura 6. Embalse de Amadorio.

Fuente: Google Earth.

El embalse está destinado a abastecer las ciudades de Benidorm y Villajoyosa en situaciones extraordinarias especialmente en verano, cuando el aumento de población es muy grande, ya que normalmente estas ciudades son abastecidas por el embalse de Guadalest, el cual se encuentra cercano a la población con el mismo nombre y también en la provincia de Alicante, a unos 17 Km. al noreste del embalse de Amadorio.

Las características del embalse se describen en la tabla siguiente.

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Datos administrativos	Datos geográficos
<p>Nombre de la presa: AMADORIO</p> <p>Fase según RTSPYE: Explotación</p> <p>Titular de la presa: ESTADO</p> <p>Proyectista: J. Aura Candela</p> <p>Categoría en función del riesgo potencial: A</p> <p>Fecha de finalización de las obras: 01-01-1957</p> <p>Coordenadas en UTM 30: 738390 - 4272435</p>	<p>Río en el que se encuentra la presa: AMADORIO</p> <p>Municipio: VILLAJOSYA</p> <p>Cuenca hidrográfica: JÚCAR</p> <p>Provincia: ALICANTE</p>
	Datos Hidrológicos
	<p>Superficie de la cuenca hidrográfica (km²): 205,00</p> <p>Aportación media anual (hm³): 6,00</p> <p>Precipitación media anual (mm): 360,00</p> <p>Caudal punta avenida de proyecto (m³/s): 400,00</p>
Usos del embalse	Datos de la Presa
<p>Usuarios: Consorcio abast. y san. Marina Baja de Alicante, C.R. de las huertas DFE Villajoyosa</p> <p>Tipos: Abastecimiento, Riego</p>	<p>Tipo de presa: Gravedad</p> <p>Cota coronación (m): 130,00</p> <p>Altura desde cimientos (m): 64,00</p> <p>Longitud de coronación (m): 333,00</p> <p>Cota cimentación (m): 66,00</p> <p>Cota del cauce en la presa (m): 72,00</p> <p>Volumen del cuerpo presa (1000 m³): 268,00</p> <p>Cota tomas (m):</p> <p style="padding-left: 40px;">Margen derecha: 90,00</p> <p style="padding-left: 40px;">Margen izquierda: 108,50</p>
Datos del embalse	
<p>Superficie del embalse a NMN (ha): 103,00</p> <p>Capacidad a NMN (hm³): 16,00</p> <p>Cota del NMN (m): 127,00</p>	
Datos del aliviadero	Datos del desagüe
<p>Número total de aliviaderos en la presa: 1</p> <p>Capacidad (m³/s): 520,00</p> <p>Regulación: Compuertas</p>	<p>Número total de desagües en la presa: 1</p> <p>Capacidad (m³/s): 68,00</p> <p>Cota de desagüe (m): 80,00</p>

Tabla 2. Resumen de características del embalse de Amadorio.

Fuente: Ficha técnica del embalse de Amadorio -www.chj.es

2.3.- La Multitoma

Anteriormente, el embalse contaba con cuatro órganos de desagüe: aliviadero, desagüe de fondo, toma superior y toma inferior, situándose la toma superior en la margen izquierda, a la cota 108,5 y con un conducto de capacidad de 2,25 m³/s, y la toma inferior en la margen derecha, a la cota 90, con dos conductos de una capacidad de 3 m³/s cada uno.

La gestión de éste se podía realizar empleando las dos tomas, sin embargo estas dos tomas son bastante profundas por lo que, en general, ambas extraían agua del hipolimnion sin dar ningún tipo de margen de operación en la mejora de la calidad del agua de salida.

Ante los problemas de eutrofización que presentaba el embalse de Amadorio, surge la necesidad de crear una infraestructura multitoma que permitiera extraer agua a diferentes profundidades y así mejorar la calidad del agua de salida.

Para ello, se instaló una toma con múltiples tomas (multitoma), de forma que así se aumentaba el número de salidas desde el embalse de dos a ocho entre las cotas 90 y 120.5, colocando aproximadamente una nueva toma cada cuatro metros.

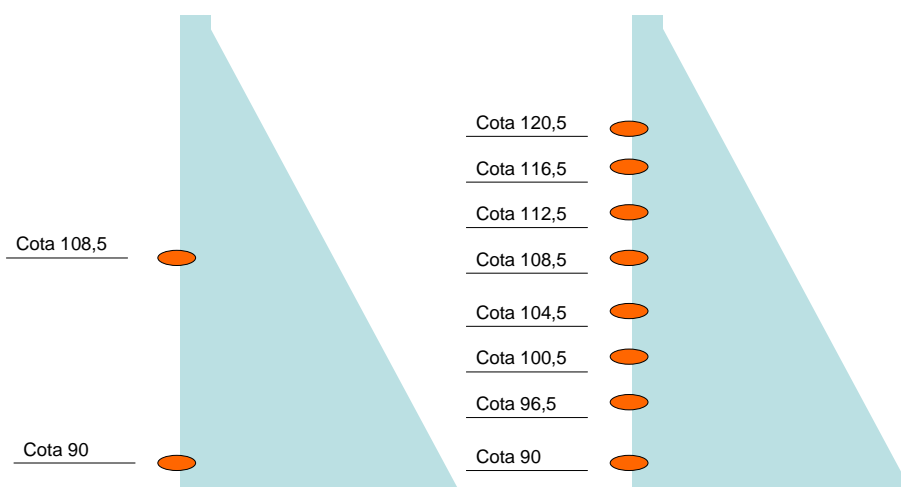


Figura 7. Instalación anterior y actual de las tomas del embalse. Fuente: Informe sobre el Estudio de una regla de gestión para la multitoma del embalse de Amadorio- UPV. Año 2005.



La multitoma consiste en una tubería instalada de forma vertical y anclada al paramento interior de la presa. Cada una de la tomas tiene un diámetro de 350 mm, y permiten extraer un caudal de unos 300 ó 350 l/s. La tubería de la multitoma está insertada en uno de los conductos de la cota 90. El otro conducto de la cota 90, y el de la toma 108,5 continúan teniendo la capacidad que tenían.

La multitoma permite dar una mayor flexibilidad a la hora de elegir la calidad del agua de salida del embalse. Sin embargo, las diferencias que se presentan entre los perfiles de concentraciones de los distintos constituyentes imposibilitan garantizar en todo momento que las sueltas que se realicen representen la calidad óptima para todos los constituyentes a la vez. Por ello se debe llegar a una solución de compromiso en función de la importancia de los diferentes constituyentes para el uso del abastecimiento.

2.4.- Sonda multiparamétrica

El embalse de Amadorio cuenta con una sonda multiparamétrica autoposicionable instalada en la presa del mismo, la cual, proporciona mediciones de las variables de calidad que permiten luego observar la estratificación real del embalse.

Además, la sonda multiparamétrica toma medidas de luz a través de dos sensores, uno situado en la propia sonda y otro fijo de referencia situado en la propia presa. Con estos datos se calcula el porcentaje de luz en cada profundidad lo que permite, por ejemplo, definir la capa fótica con precisión,

Las unidades de cada parámetro son:

Sonda	Rango	Precisión
Nivel	0.. 60 m	0,1 %
Turbidez	0...300 NTU	3 %
Redox	-2000 .. +2000 mV	2 %
Conductividad	0 ..2000 μ S/cm	2 %
pH	0 .. +14 udpH	1 %
Oxígeno disuelto	0 .. 20 ppm	2 %
Temperatura	0 .. +50°C	2 %
Clorofila	0.... 300 μ g/l	3 %

Tabla 3. Especificaciones técnicas (rango y precisión de la medida) de los sensores instalados en la sonda multiparamétrica.

Fuente: Informe de Seguimiento mensual de la calidad del agua. Embalse de Amadorio. Septiembre de 2011. Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva)

El aporte de la sonda multiparamétrica es bastante útil para la gestión de la calidad del agua en el embalse en tiempo real y con unos medios relativamente sencillos.

Las mediciones se realizan de manera ininterrumpida cada 6 horas, mostrando las variaciones a lo largo del día de los cuatro parámetros mencionados. Al disponer de



datos diarios se pueden crear perfiles que permiten observar la evolución del embalse en los distintos meses del año.

La sonda realiza 4 inmersiones al día, generalmente a las siguientes horas:

- 00:00:00 h
- 06:00:00 h
- 12:00:00 h
- 18:00:00 h

Si al revisar los datos proporcionados, aparecen medidas a otras horas distintas de las citadas anteriormente, se corresponden a inmersiones realizadas durante periodos de prueba o durante intervenciones de mantenimiento de la sonda.

Durante cada inmersión, la sonda mide los 4 parámetros básicos citados anteriormente a 32 profundidades distintas, previamente definidas y que varían en función de la cota del embalse.

Existen datos desde enero del año 2004, aunque desde este mes hasta abril, los datos corresponden a un periodo de calibración. La serie de datos ya calibrados comienza el 5 de julio de 2004 y se extiende en adelante.



3. ESTUDIOS PREVIOS Y DATOS DISPONIBLES.

3.1.-Antecedentes

En la realización del presente estudio se han tenido en cuenta diversos estudios previos relacionados con la calidad del agua de los embalses del ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar:

- Estado de eutrofización de los embalses de Alarcón, arquillo de San Blas, Guadalest, Amadorio, Loriguilla y Beniarrés en el Ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Dirección General de Calidad de las Aguas. Confederación Hidrográfica del Júcar. Asistencia técnica: TM Consult, consultora de técnicas medioambientales, S.A. Octubre, 1995.
- Investigación, estudio y control de la calidad de las aguas en el embalse de Amadorio y otros, en periodos de niveles bajos de aguas. Informe final. Correcher E. (Confederación Hidrográfica Júcar), Vicente E. y Miracle M.R. (Universidad de Valencia) 1997.
- Catálogos limnológicos de embalses de las cuencas del Guadiana y Júcar. Cuenca del Júcar. Informe parcial. Informe técnico para Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría de Estado de aguas y Costas, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas Ministerio de Fomento. CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas). Madrid, octubre de 2002.
- Informes relativos al seguimiento limnológico de los embalses del ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Asistencia técnica: URS. Periodo 2002-2006.
- Informe sobre el Estudio de una regla de gestión para la multitoma del embalse de Amadorio- UPV. Año 2005



- Estudio de la calidad ambiental de las aguas en los embalses de Amadorio y Guadalest. Propuesta de actuaciones. Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. Año 2006.
- TFM. Estudio y Análisis de la calidad del agua del embalse de Bellús, mediante el desarrollo de un modelo de eutrofización. Martínez Mendoza, A. Paredes Arquiola, J. UPV. Año 2009
- Informe anual 2009 Embalse de Amadorio en base al Convenio de colaboración con la Confederación Hidrográfica del Júcar a través de la empresa ACT, encargada del mantenimiento de la sonda autoposicionable de Amadorio. Picazo Mozo A. y Camacho González A. (Universidad de Valencia) 2009.
- TFM: Análisis y estimación de la evolución térmica del embalse de Amadorio con un modelo hidrodinámico. Rubio López C., Dr. Paredes Arquiola J. (UPV).Valencia. Marzo de 2009.
- Estudio Limnológico del Embalse de Amadorio. Asistencia Técnica para el seguimiento limnológico de la calidad de las aguas en embalses propios del ámbito de la CHJ. Embalse de Amadorio. Confederación Hidrográfica del Júcar. Año 2010

Campaña primavera 2010

Campaña verano 2010

Campaña verano 2. Septiembre 2010.

- Explotación de la red de vigilancia de la calidad de las aguas, mediante índices bióticos, en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar. CHJ Masa de agua 29.02. Embalse de Amadorio. Año 2011.

Campaña especial agosto 2011



Campaña especial noviembre 2011

- Informe de seguimiento mensual de la calidad del agua. Recomendaciones y conclusiones. Caracterización por sonda multiparamétrica autoposicionable y muestreos “in situ”. Embalse de Amadorio. Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva. Universidad de Valencia. Septiembre 2011
- Proyecto “Implementación, mantenimiento y explotación de sistemas de control automático de la calidad de las aguas, mediante estación móvil y sondas de embalses en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar”. Embalse de Amadorio. Asistencia técnica: ADASA SISTEMAS S.A.U .Ingeniería especializada en soluciones tecnológicas aplicadas al ciclo del agua, medio ambiente y meteorología.

Campaña limnológica de primavera. 2011

Campaña limnológica de invierno. Febrero 2012

- Informes Embalse de Amadorio. Equipo de investigación “Calidad ecológica y restauración de ecosistemas acuáticos”. Grupo de investigación de Limnología. Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva. Universidad de Valencia.

Campaña Abril y Julio 2011

Campaña Febrero, Marzo y Julio 2012

- Explotación de la red de vigilancia de la calidad de las aguas, mediante índices bióticos, en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar. CHJ Masa de agua 29.02. Informe anual: Evaluación del estado en embalses. Año 2012.
- Esquema de Temas Importantes para la Planificación Hidrológica en la Demarcación Hidrográfica del Júcar- Mayo 2013.



- Anejo 6 “*Sistemas de Explotación*” del RD 595/2014, de 11 de julio, por el que se aprueba Plan Hidrológico de la Demarcación del Júcar. Año 2014

De los estudios citados anteriormente, el relativo a la multitoma demostraba que la instalación de ésta permitiría la mejora de la calidad del agua de la salida del embalse sin que ésta influyera en la calidad del embalse ni a corto ni a medio plazo, y se establecía una sencilla regla de operación para la obtención de una mejor calidad del agua, de forma que las extracciones se realizan a diferente cota, en función de la época del año y el momento de estratificación del embalse, llegando a la siguiente conclusión:

Dicho estudio concluyó con la necesidad de utilizar alguna herramienta que ayudase a la gestión de la multitoma, así como planteaba la necesidad de ampliar la sonda con mediciones de amonio, clorofila y otros parámetros que ayudasen en la toma de decisión y permitieran mejorar la dinámica limnológica del embalse. De ahí la necesidad de realizar el presente trabajo.

Otro de los informes más relevantes, ha sido el correspondiente al Informe anual de 2011, en el que se describe la situación de contaminación de “*Bloom*” de algas que sufrió el embalse desde el mes de febrero a junio, y por ser éste un período crítico en su estudio se ha escogido para su análisis.

3.2.- Recopilación de información.

El empleo de la herramienta SELECT requiere la disposición de un gran número de datos sobre el medio acuático a modelar. Las materias acerca de las cuales se ha recabado información se indican en la siguiente tabla, así como el organismo que la ha proporcionado.

Información.	Organismo.
Hidrología.	Confederación Hidrográfica del Júcar y CEDEX
Calidad de aguas.	Confederación Hidrográfica del Júcar.
Morfología de los embalses.	Confederación Hidrográfica del Júcar.
Sistema de explotación	Confederación Hidrográfica del Júcar

Tabla 4. Información disponible y organismos suministradores.

Hidrología.

Los datos de hidrología que han sido proporcionados por la Confederación Hidrográfica del Júcar, a través de la Dirección Técnica, son los relativos a históricos del embalse y sus series mensuales y de batimetría:

- Datos mensuales de caudales de entrada, salida y volúmenes embalsados del período de estudio años 2010, 2011 y 2012
- Datos diarios de caudales de entrada, salida y volúmenes embalsados del período de estudio años 2010, 2011 y 2012.
- Referencias del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH), con datos de control de caudales circulantes (niveles en embalse).

A través de la web del CEDEX¹, se han obtenido las series históricas siguientes:

¹ (http://hercules.cedex.es/anuarioaforos/afo/embalse-datos_descarga.asp)

- Datos mensuales de caudales de entrada, salida y volúmenes embalsados del período comprendido entre octubre del año 1958 hasta octubre del año 2012.

Calidad de aguas.

Se tienen datos de calidad de aguas determinados por los parámetros físicos y químicos de las aguas de estudio. Este control de datos ha permitido obtener el seguimiento de la calidad de las aguas y de esta manera procesar la información.

Los datos de calidad pertenecen a los obtenidos mediante la sonda multiparamétrica, ya que únicamente se han tenido en cuenta los observados en el propio embalse, y por tanto, no han sido relevantes para este trabajo los proporcionados por las diferentes estaciones de red integradas de calidad de aguas, Red ICA, del embalse de Amadorio las cuales se encuentran aguas arriba y aguas abajo del propio embalse.

La Confederación Hidrográfica del Júcar, también proporcionó los datos de los estudios del seguimiento rinológico que se realizan en el embalse y los datos de la sonda multiparamétrica que tiene instalada en el embalse de Amadorio.

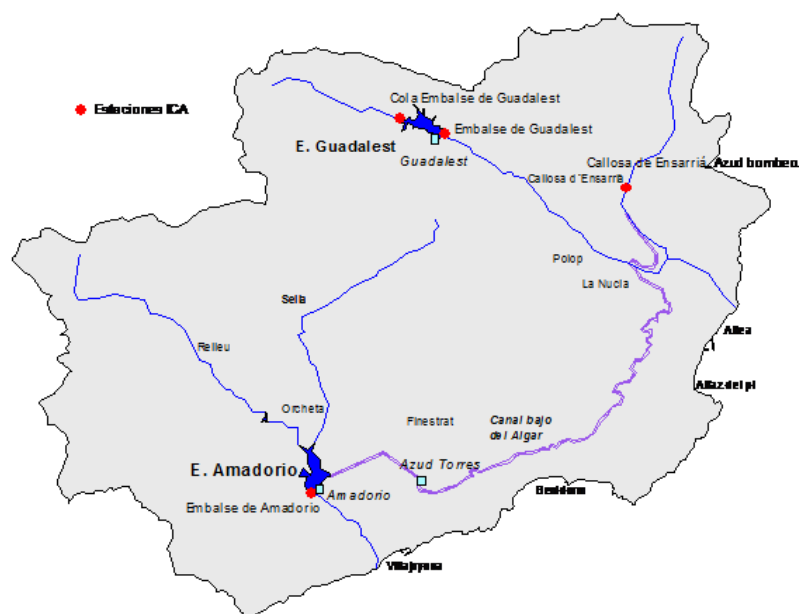


Figura 8. Situación de las estaciones en las que se toman los datos de calidad.

Red SAICA. Confederación hidrográfica del Júcar.

El principal objetivo de esta Red es el control continuo de la calidad de las aguas de las principales masas de agua y tramos fluviales de la CHJ, que están declaradas como zonas protegidas o que se encuentran en riesgo de sufrir vertidos incontrolados.

Actualmente, hay una estación que controla el estado trófico de las aguas del embalse de Amadorio mediante la medición diaria de la calidad de sus aguas a distintas profundidades.

Código	Nombre	Cauce de Ubicación	Objetivo de control	Municipio
805	Embalse de Amadorio	Río Amadorio	Control de agua para consumo humano, piscícola y nivel trófico del embalse de Amadorio	Villajoyosa
805BIS	Sonda autoposicionable En. Amadorio	Río Amadorio	Control de agua para consumo humano, piscícola y nivel trófico del embalse de Amadorio	Villajoyosa

Tabla 5. Tramos con control intensivo.

Fuente: *Seguimiento del PH del Júcar. Documento de Síntesis. Oficina Planificación Hidrológica- Agosto 2007.*

Seguimiento rinológico del embalse. Confederación hidrográfica del Júcar.

Se trata de varios estudios realizados tanto por la empresa ADASA, como por parte del Instituto Cabañiles de Biodiversidad y Biología Evolutiva de la Universidad de Valencia, ambos para la CHJ, para conocer la calidad del agua y de los sedimentos del embalse, a través de dos grupos de parámetros: biológicos y físico-químicos, los cuales han servido como base para conocer la situación en la que se encontraba el embalse en el período de estudio y previamente a él.

Los parámetros relacionados con el proceso de estratificación son medidos a diferentes profundidades, con lo que se obtiene un perfil de concentraciones a lo largo de la columna de agua, que muestren el estado de este fenómeno.

Los parámetros biológicos medidos son:

- Clorofila a. (mg/m³)



- Fitoplancton, de red y de recuento. (cel./ml)
- Zooplancton. (india/m³)
- Zoobentos. (indiv/m²)

Los parámetros físico-químicos medidos son:

- Profundidad del disco de Secchi. (m)
- Perfiles de temperatura. (°C)
- Perfiles de conductividad. (μS/cm)
- Perfiles de pH. (upH)
- Perfiles de oxígeno disuelto. (mg/l)
- Perfiles de turbidez. (NTU)
- Datos en la columna de agua de amonio. (mg NH₄⁺/l)
- Datos en la columna de agua de sulfhídrico. (mg SH₂/l)

Sonda multiparamétrica. Confederación hidrográfica del Júcar.

En el embalse de Amadorio existe una sonda multiparamétrica que realiza mediciones de algunos parámetros en la columna de agua. Las mediciones se realizan cada 0.5 metros en la zona más superficial, y aumenta la distancia al acercarse a zonas más profundas. Los parámetros que mide la sonda entre otros son:

- Temperatura.
- pH.
- Oxígeno disuelto.



- Conductividad eléctrica

Existen datos desde enero del año 2004. Pero el periodo de estudio abarca los años 2010, 2011 y 2012, con las siguientes especificaciones:

Parámetro	Año 2010	Año 2011	Año 2012
Conductividad (CE) $\mu\text{S/cm}$	Junio	Junio	Enero
	Julio	Julio	Febrero
	Agosto	Agosto	Marzo
	Septiembre	Septiembre	Abril
	Octubre	Octubre	Mayo
	Noviembre	Noviembre	Junio
		Diciembre	Julio
Clorofila a	Junio	Febrero	Enero
	Julio	Marzo	Febrero
	Agosto	Abril	Marzo
	Septiembre	Mayo	Abril
		Junio	Mayo
	Octubre	Julio	Junio
Agosto			
Noviembre	Septiembre	Julio	
	Octubre		
Oxígeno disuelto (OD) mg/l O_2	Junio	Febrero	Enero
	Julio	Marzo	Febrero
		Abril	Marzo
	Agosto	Mayo	Abril
		Junio	
	Septiembre	Julio	Mayo
Agosto			
Octubre	Septiembre	Junio	
	Octubre		
Noviembre	Noviembre	Julio	
	Diciembre		
pH	Junio	Junio	No hay datos proporcionados por la CHJ.
	Julio	Julio	
	Agosto	Agosto	
	Septiembre		
	Octubre	Septiembre	
Noviembre			
Temperatura (° C)	Junio	Julio	Enero
	Agosto		Febrero
	Septiembre		Marzo



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

	Octubre		Abril
			Mayo
	Noviembre		Junio
			Julio

Tabla 6. Parámetros medidos con la sonda multiparamétrica y disponibilidad de los mismos.

Cada día la sonda realiza 4 mediciones, a las 0, 6, 12 y 18 horas, dando la evolución del perfil a lo largo del día.

4. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DEL EMBALSE DE AMADORIO.

4.1.- Régimen hidrológico del embalse /y uso del embalse.

La hidrología del embalse de Amadorio está muy marcada por la disponibilidad de agua y por el tipo de gestión que se realiza en el embalse. Los desembalses se realizan principalmente en la época estival, coincidiendo con la escasez de aportes naturales y con el incremento estacional de la población, muy importante en los municipios abastecidos desde el embalse. Como puede apreciarse en la gráfica, en el embalse se intenta almacenar agua durante las estaciones de otoño, invierno y parte de la primavera.

Los datos de la explotación del embalse de volumen embalsado, caudal de entrada y caudal de salida, así como de morfología del mismo fueron suministrados, como se ha citado previamente en el apartado 3.2, por la Confederación Hidrográfica del Júcar

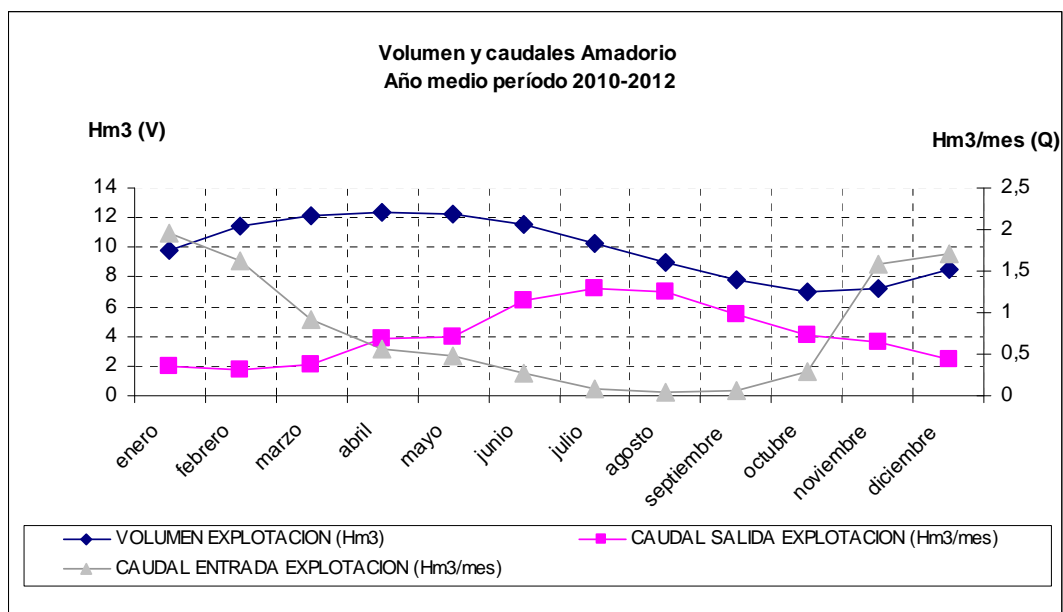


Figura 9. Hidrología para un año medio en el embalse de Amadorio.

Fuente: http://hercules.cedex.es/anuarioaforos/afo/embalse-datos_descarga.asp

El embalse de Amadorio recibe pocas aportaciones de forma natural, siendo su principal fuente de recursos el agua que alcanza el embalse a través de los bombeos realizados desde el azud del río Torres. Al azud llegan principalmente retornos de riego y el agua que es bombeada desde la cuenca del Algar-Guadalest, cuando se producen sobrantes.

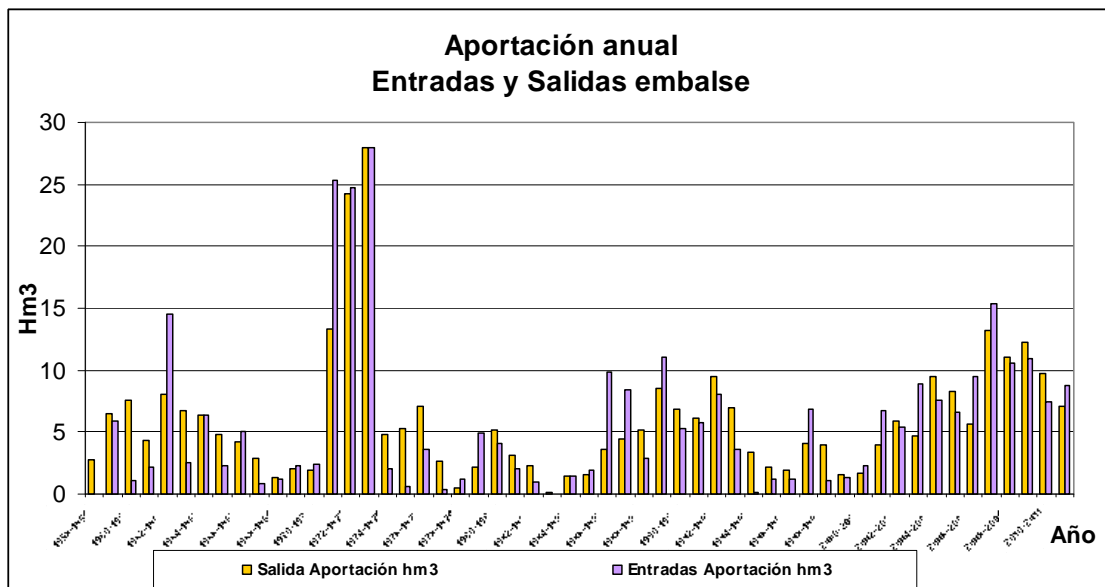


Figura 10. Aportación anual entrada y salida del embalse de Amadorio. (Serie histórica 1958-2012).

El valor medio de las entradas agregadas anualmente es de $5,9 \text{ hm}^3$, un valor que se sitúa en torno a un tercio de la capacidad del embalse. Los datos de caudales de salida presentan un valor medio de 6 hm^3 , un valor muy próximo al de los caudales de entrada.

El valor medio para el período de estudio, que comprende los años hidrológicos 2009-2010, 2010-2011 y 2011-2012, de los caudales de entrada es de $8,3 \text{ hm}^3$, un valor que se sitúa en torno a la media de la capacidad del embalse, y en cuanto a los datos de caudales de salida presentan un valor medio de $8,8 \text{ hm}^3$, un valor muy próximo a de las entradas, como ya se ha comentado anteriormente y superiores a los de la serie histórica.

Como resultado de las entradas y salidas anteriores el volumen embalsado a lo largo de la vida del embalse es el siguiente:

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

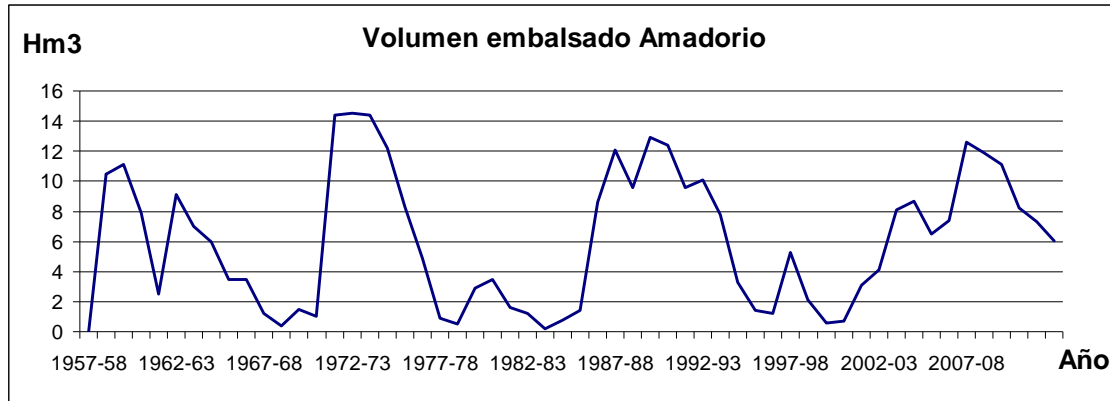


Figura 11. Registro histórico de volúmenes embalsados en Amadorio.

Pueden observarse cuatro ciclos que combinan unos años con una recuperación importante del volumen, con otros años en los que el embalse se encuentra prácticamente al mínimo de su capacidad. Las épocas en las que el agua embalsada es menor son las correspondientes a los periodos del 1968 al 1971, del 1975 al 1986 y el periodo del 1995 al 2001 con una recuperación parcial los años 1997 y 1998. El volumen medio embalsado de toda la serie histórica es de $6,1 \text{ hm}^3$.

Durante el periodo de simulación, entre los años 2010 y 2012 se pasa de una hidrología con valores de agua embalsada de $11,4 \text{ hm}^3$, a una hidrología de $10,8 \text{ hm}^3$.

Año	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
2009-2010	7,99	8,43	9,59	12,06	13,82	14,19	13,74	13,16	12,12	10,7	9,43	8,3
2010-2011	7,6	7,34	7,9	8,03	7,89	9,14	9,69	10,08	9,41	8,17	6,86	6,04
2011-2012	5,81	7,29	9,49	11,91	14,04	14,04	13,5	12,73	11,56	10,2	8,73	7,68

Tabla 7. Volumen de agua embalsada en el embalse de Amadorio (2009-2012).



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

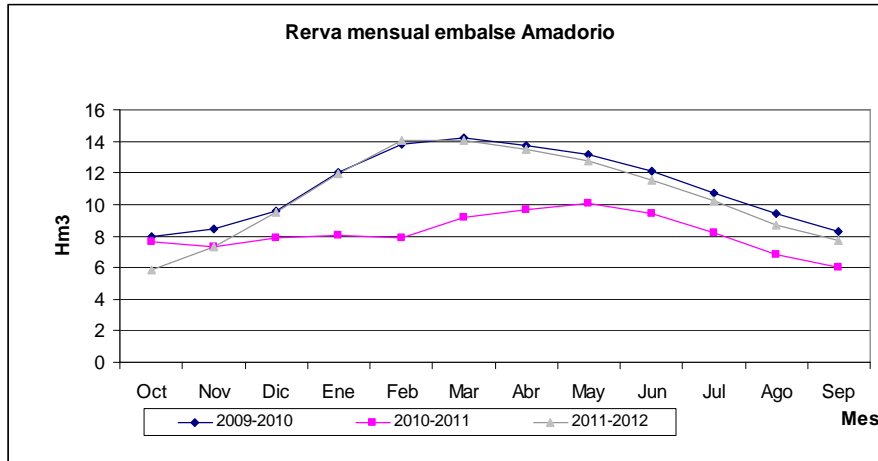


Figura 12. Datos de reserva mensual en Hm³ en el embalse de Amadorio.



4.2.- Análisis de la evolución temporal de los parámetros

De los datos proporcionados, se han realizado los perfiles de los siguientes parámetros relacionados con la calidad de las aguas:

- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- pH
- Clorofila a

Tanto la evolución del oxígeno disuelto como de la temperatura del embalse, se analizan en el apartado 4.3, por ser éstos los relacionados con la estratificación del embalse.

4.2.1.- Análisis estacional

Se ha procedido al análisis estacional de los diferentes parámetros, correspondientes a perfiles medios de cada uno de los meses, en cada cota.

El embalse de Amadorio, tal y como se ha descrito en apartados anteriores, tiene instalada una sonda multiparamétrica autoposicionable, la cual toma valores en cuatro perfiles diarios (amanecer, mañana, tarde y noche), en un total de 32 cotas, incluyendo las cotas donde se sitúan las tomas de agua del embalse.

Conductividad

La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación (Romero Rojas, 1999). La conductividad es útil como una medida general de calidad del agua. Cambios significativos en la conductividad podrían entonces ser un indicador de que una descarga o alguna otra fuente de contaminación ha entrado al cuerpo de agua (EPA, 2007).



Para las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano clasificadas en el grupo A2, como es el caso que nos ocupa, los niveles de calidad para este parámetro son de orden de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En la tabla siguiente, se muestra el grado de mineralización del agua en función de la conductividad eléctrica:

Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Mineralización
Menor de 100	Muy débil
100 - 200	Débil
200 - 700	Media
700 a 1000	Importante
Más de 1000	Excesiva

Tabla 8. Grado de mineralización del agua en función de la conductividad eléctrica.

Fuente: M. Espigares García, M. Fernández –Creuhet Navajas.
Estudio Sanitario del Agua 1995.

Tras realizar un análisis estacional en los diferentes años de estudio, se observa cómo el verano de 2010 sigue un patrón totalmente distinto al observado en el verano de 2011 y el de 2012.

En el año 2010, los valores máximos de conductividad eléctrica se encuentran en el epilimnion, y los mínimos en el metalimnion, alcanzado valores entorno a los 960 -980 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En el hipolimnion, los valores disminuyen ligeramente con la profundidad situándose en torno a los 940 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Sin embargo, la conductividad eléctrica no sigue el mismo patrón en los años siguientes, 2011 y 2012, en los que los menores valores de conductividad se encuentran en el epilimnion, mientras que los máximos se alcanzan en el metalimnion, y éstos se van manteniendo con la profundidad. También, se puede observar que en estos dos años, la media de los valores con respecto al año 2010 es más elevada, del orden de los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Probablemente, la mineralización en el caso del año 2010 fue menor que en los años posteriores, debido a que el volumen almacenado ese año era mayor que en años posteriores.

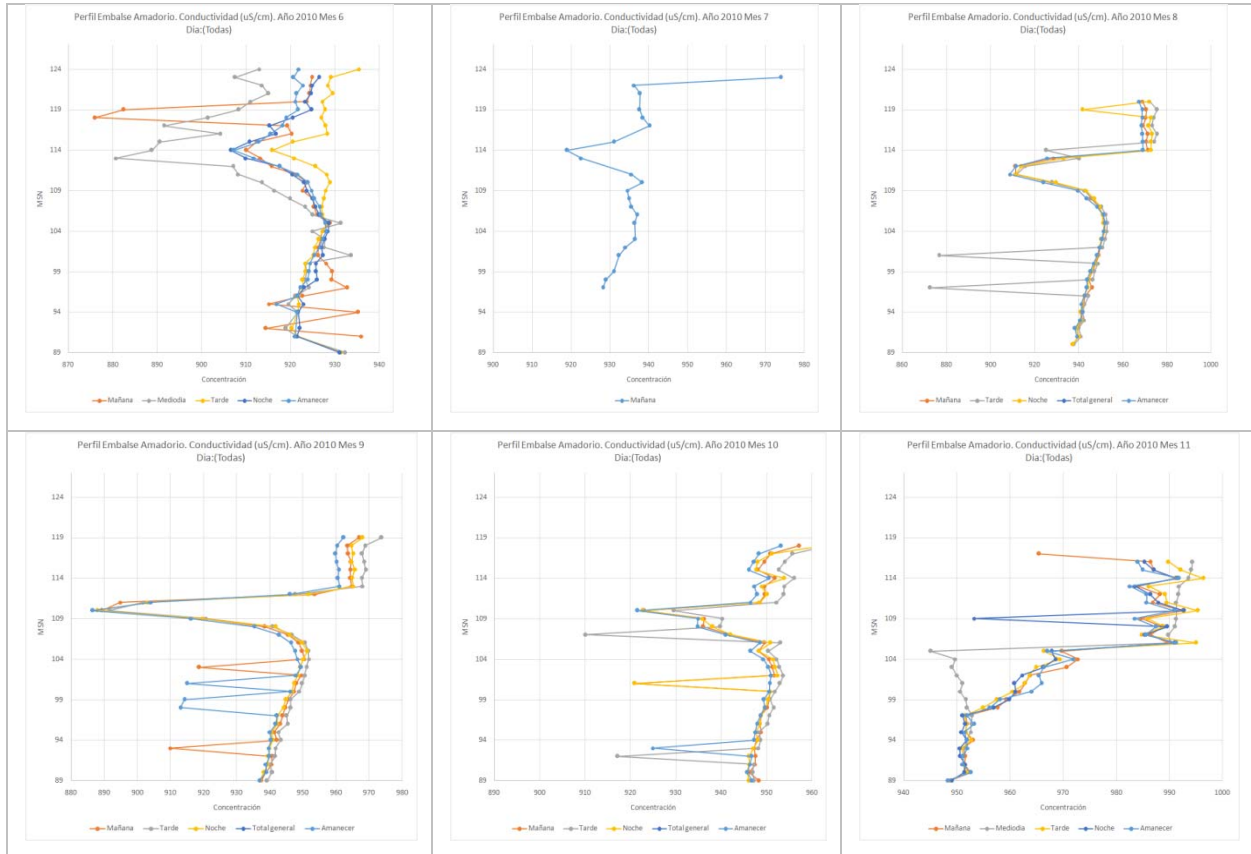
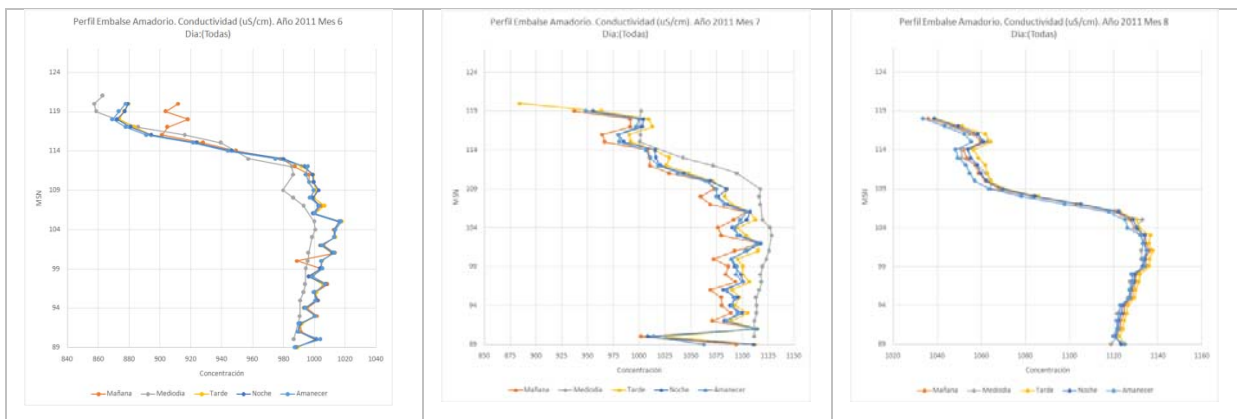


Figura 13. Evolución anual de los perfiles de Conductividad eléctrica. Año 2010



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

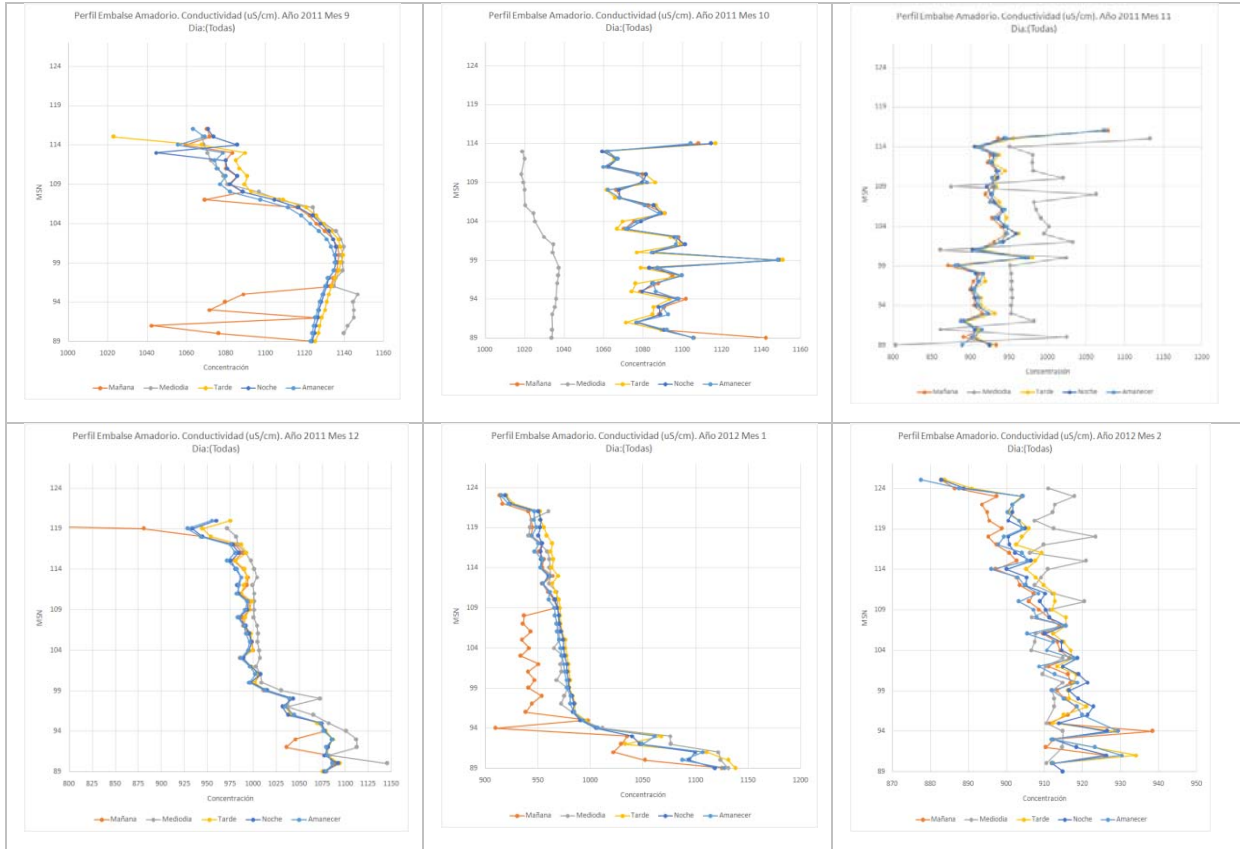
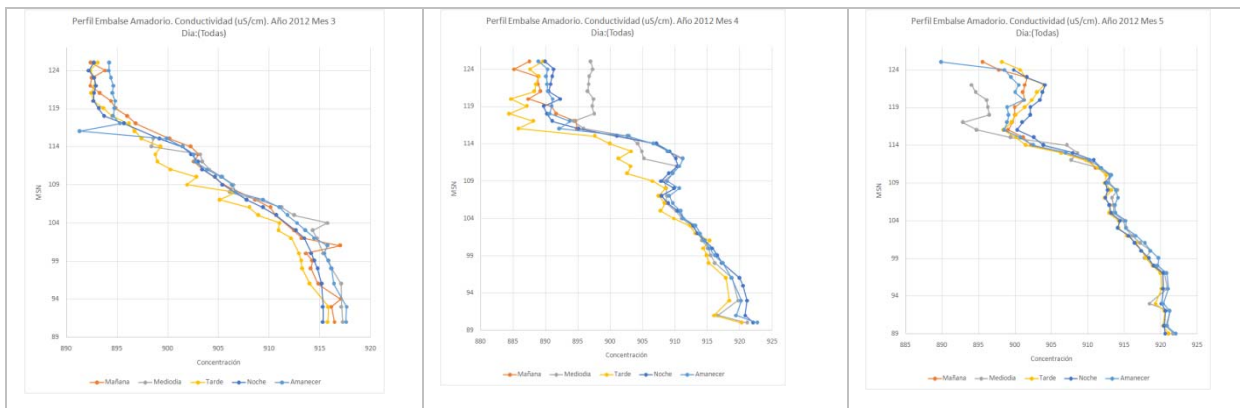


Figura 14. Evolución anual de los perfiles de Conductividad eléctrica. Año 2011.



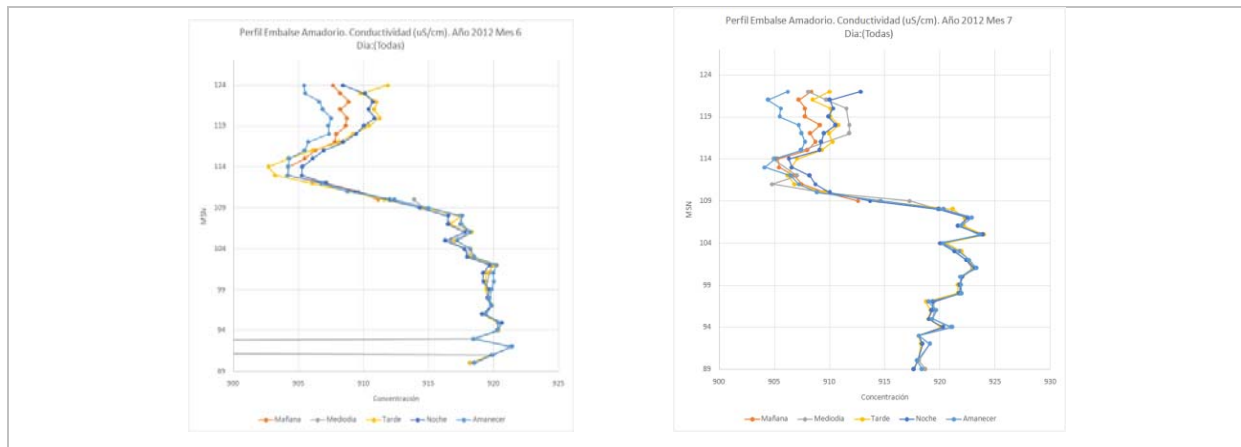


Figura 15. Evolución anual de los perfiles de Conductividad eléctrica. Año 2012.

Clorofila a

La Clorofila a es una medida de los pigmentos verdes y de la biomasa del fitoplancton, que nos puede indicar la calidad del agua en cuanto a la concentración de fitoplancton (algas microscópicas). Es el elemento nutricional del fitoplancton, como resultado de la fotosíntesis, indicadora de la productividad primaria, y su concentración nos da una visualización sobre la abundancia de productores primarios que crecen en el agua.

Para las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano clasificadas en el grupo A2, como es el caso que nos ocupa, los niveles de calidad óptimos para este parámetro, en aguas destinadas al abastecimiento, se sitúan por debajo de los $3,5 \text{ mg/m}^3$, según criterio de experto, siendo el óptimo el intervalo comprendido entre $1\text{-}2 \text{ mg/m}^3$

En los perfiles que se muestran a continuación, se observa muy bien la dinámica que sigue el embalse. A diferencia del resto de parámetros, los valores de este parámetro se corresponden con los obtenidos en un día concreto del mes, puesto que no se dispone de datos suficientes como para establecer un valor medio.

Según muestran los perfiles de Clorofila a, en los años 2010 y 2012, siguen un mismo patrón, con valores máximos alcanzados en la termoclina. Sin embargo, cabe destacar que en el año 2011, el embalse de Amadorio, entre los meses de febrero y junio, sufrió



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

un importante episodio de crecimiento masivo de cianobacterias filamentosas (*Planktothrix rubescens*). Este episodio fue seguido periódicamente por la Universidad de Valencia a petición de la C.H.J., con informes de alerta quincenales.

Este hecho hace que se dedique especial atención a la evolución de los perfiles de Clorofila a durante los meses de Febrero a Octubre del año 2011, a efectos de analizar el episodio de “*Bloom*” de cianobacterias acumulado en la superficie del agua.

Tal y como puede observarse en el año 2010, no se aprecia una clara estratificación hasta el mes de Agosto, donde la máxima concentración de Clorofila a se alcanza en la termoclina, con un espesor de 10 metros, llegando a valores próximos a 6 mg/m^3 . Este valor va aumentando, conforme avanzan los meses, siendo el más crítico el alcanzado en el mes de septiembre, que llega a los 12 mg/m^3 . La mínima concentración de Clorofila a se alcanza en el hipolimnion, en todos los meses observados, con una concentración entre 4 y 6 mg/m^3 .

Cabe destacar, que en el mes de Junio de 2010, el embalse parece totalmente mezclado, ya que el perfil de la Clorofila a en este mes, se mantiene prácticamente constante con la profundidad, pero con valores en toda la columna de agua del orden de $6-8 \text{ mg/m}^3$.

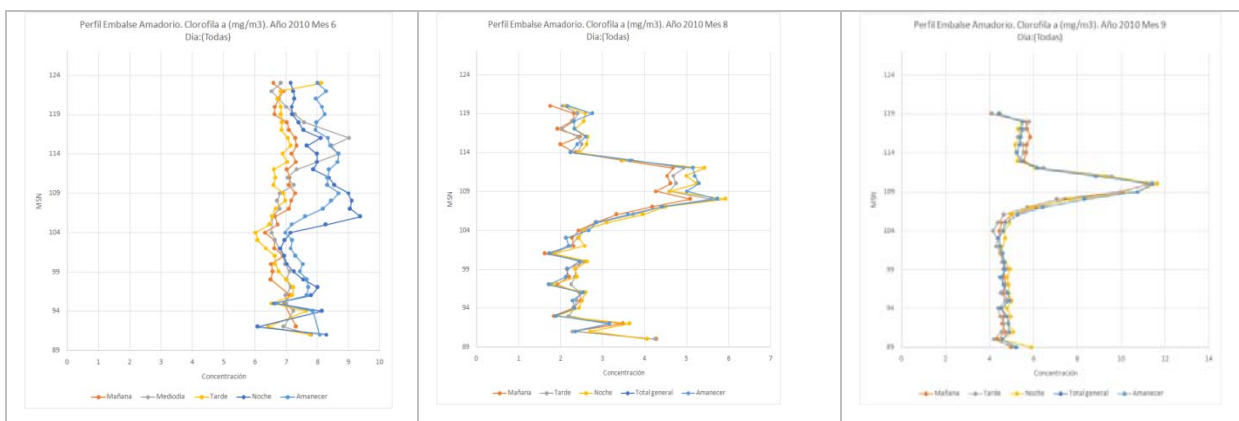




Figura 16. Evolución anual de los perfiles de Clorofila a. Año 2010.

En el mes de febrero de 2011, el embalse se encuentra en periodo de mezcla, todas las variables medidas son homogéneas a lo largo del perfil vertical y en el caso de este parámetro, se observa un aumento de la Clorofila a en la parte superior del embalse (0-8 metros), debido a la acumulación de cianobacterias filamentosas.

Ya es en el mes de marzo cuando se observa en la parte superior del embalse un aumento de la concentración de Clorofila a, alcanzando valores superiores a 12 mg/m^3 , sin embargo en la cota 112,5 disminuye la abundancia cianobacterias filamentosas, y ya en la cota 108,5 msnm, se mantiene en valores similares a los del mes de febrero.

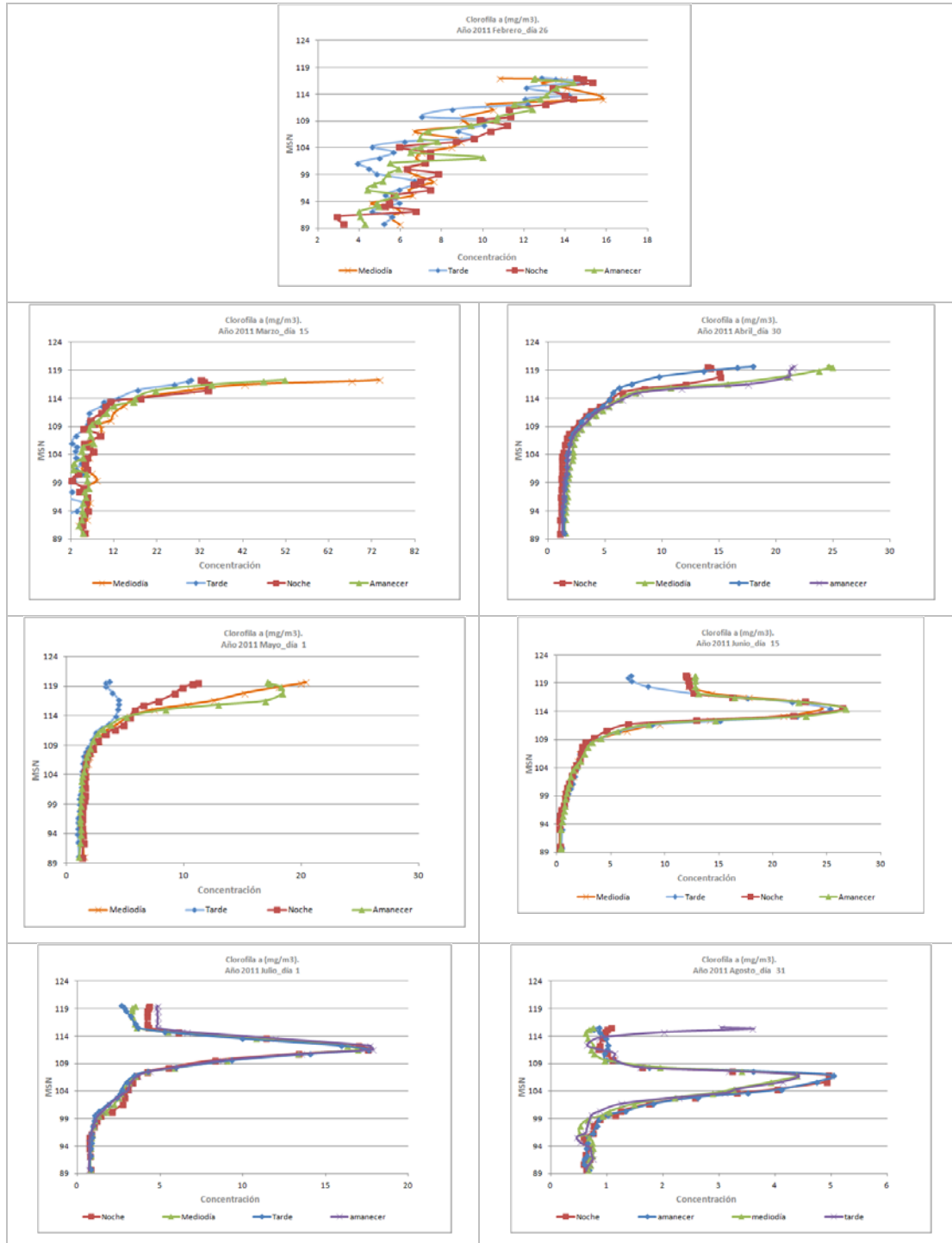
En los meses posteriores continúa la sedimentación en el perfil vertical, descendiendo la abundancia de Clorofila a en superficie y aumentando ésta en el resto de cotas, por lo que se puede decir que el máximo superficial se alcanzó a finales del mes de marzo.

A partir de junio de 2011, comenzó el proceso de sedimentación en el perfil vertical de la biomasa de cianobacterias que, desde febrero, había formado el “*Bloom*” superficial. Este proceso duró hasta finales de agosto. A partir de este mes, la concentración de Clorofila a en toda la columna de agua se estabiliza en valores inferiores a los 1 mg/m^3 , con un pequeño máximo metalimnético entre los 6 y 9 metros de profundidad, que alcanza los 5 mg/m^3 .



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Desde mediados de septiembre de 2011 se observa un incremento importante en la concentración de Clorofila a entre los 6 y 12 metros de profundidad, debido al crecimiento de bacterias fotosintéticas en estas profundidades.



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

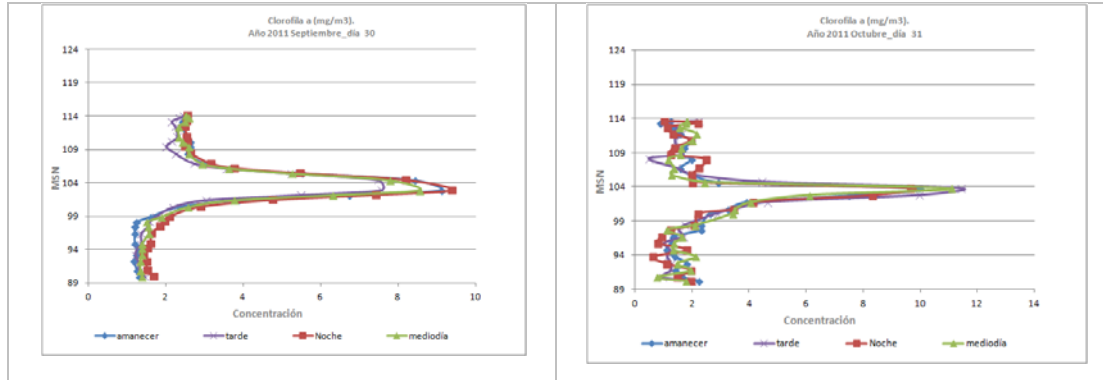


Figura 17. Evolución anual de los perfiles de Clorofila a. Año 2011.

Finalmente en el año 2012, tal y como se ha descrito anteriormente, sigue el mismo patrón que en el año 2010, con la salvedad que la estratificación del embalse comienza antes, en el mes de junio. La máxima concentración también se encuentra en la zona de la termoclina, pero con valores inferiores a los obtenidos en el año 2010, estando entre $4\text{-}5\text{ mg/m}^3$, y siendo mayor el espesor de la termoclina. Las concentraciones mínimas se dan en profundidad, entre $1\text{-}2\text{ mg/m}^3$.

En ambos años (2010-2012), la concentración en la superficie del embalse se mantiene constante con la profundidad, en los primeros 5 metros, correspondientes con el metalimnion, y las concentraciones son del orden de $2\text{-}6\text{ mg/m}^3$.

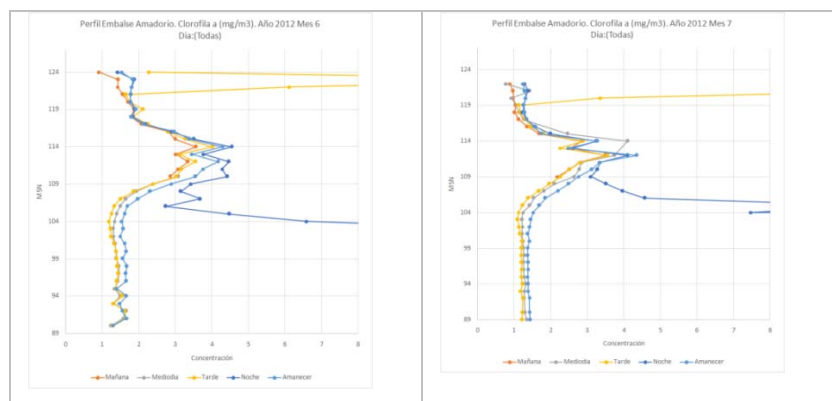


Figura 18. Evolución anual de los perfiles de Clorofila a. Año 2012.



En cuanto a la clasificación del grado de eutrofia del embalse:

- Clasificación según los indicadores de la OCDE.

Según los indicadores, el embalse presenta un estado entre mesotrófico y eutrófico en el año 2010; en el caso del año 2011 la concentración de Clorofila a aumenta y en consecuencia el embalse presenta un estado de eutrofia e hipereutrofia; finalmente, en el año 2012 los valores de Clorofila a descienden encontrándose en un estado entre oligotrófico y mesotrófico.

GRADO EUTROFIA	CLOROFILA (mg/m ³)	PROF SECCHI (m)	P (mg/m ³)
Ultraoligotrófico	< 1	> 12	< 4
Oligotrófico	1-2.5	12 A 6	4--10
Mesotrófico	2.5-8	6 3	10--35
Eutrófico	8 2.5	3 A 1.5	35--100
Hipereutrófico	> 25	<1.5	>100

Tabla 9. Clasificación para determinación del grado de eutrofia según OCDE.

pH

Para medir la presencia del ion hidrógeno en el agua, se usa la notación pH (abreviatura en el idioma francés de puissance d'Hydrogène, el cual se puede traducir como “*el potencial o la intensidad de hidrógeno*”) (Chapra, 1997):

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

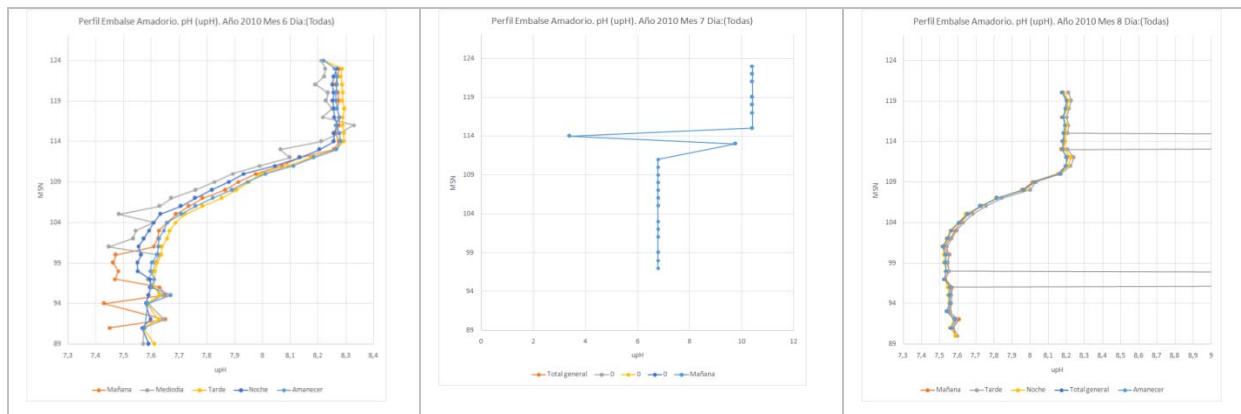
Debido al signo negativo y a la transformación logarítmica de [H⁺], un pH alto representa una baja actividad del ion hidrógeno mientras que un pH bajo representa una actividad alta del ion hidrógeno. En consecuencia la escala de pH refleja la intensidad de la condición de acidez o básica (alcalina) del agua. Un bajo pH connota acidez y un alto pH connota aguas alcalinas, con una condición neutral en un pH de 7,0.

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Para las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano clasificadas en el grupo A2, como es el caso que nos ocupa, los niveles de calidad para este parámetro son de orden de (5,5-9)².

En la figura 19 se muestra la evolución de los perfiles de pH a lo largo de los años de estudio.

El perfil de la evolución del pH en el embalse durante el periodo estudiado del año 2010, sigue un mismo patrón y apenas varía. Se observa una clara estratificación en todos los meses, cuyo máximo valor de pH se sitúa en la superficie del embalse, en el epilimnion, y se mantiene prácticamente constante en los 10 metros de espesor, alrededor de 8,3 ud pH, llegando a alcanzar el metalimnion, con 10 metros de espesor, hasta el mes de Octubre (donde éste disminuye a 5 metros), donde va disminuyendo con la profundidad hasta mantenerse constante en la zona del hipolimnion, con un valor de 7,6 ud pH.



² RD 1541/1994, de 8 julio, por el que se modifica el anexo 1 del R.D. 927/88, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y Planificación Hidrológica Calidad exigida a las aguas superficiales que sean destinadas a la producción de agua potable.

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

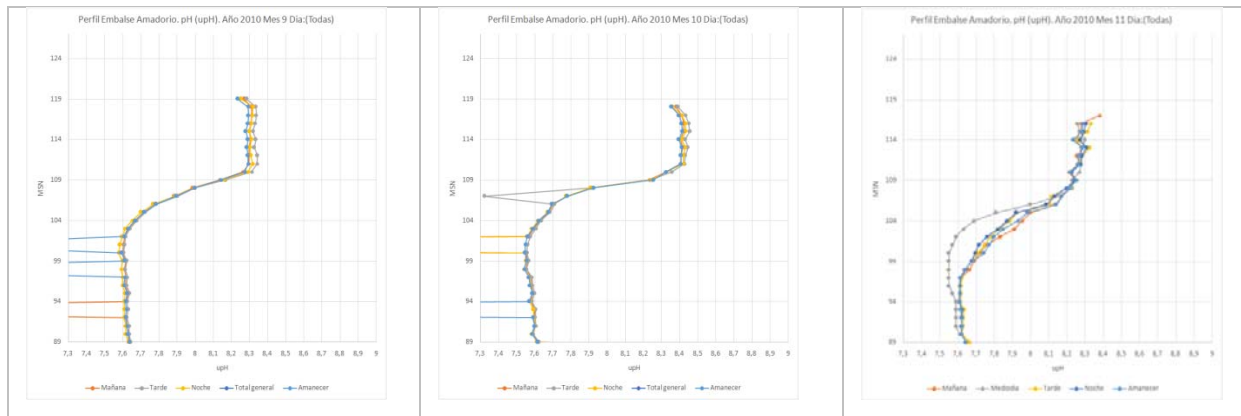


Figura 19. Evolución anual de los perfiles de pH. Año 2010.

En cuanto a los valores observados en el año 2011, a medida que comenzaba la estratificación y el fondo del embalse comenzaba a quedarse anóxico el pH descendió en las zonas anóxicas, lo que es consecuente con lo esperado. A partir del mes de julio se observa un brusco descenso de los valores de pH en todo el perfil, aunque se mantiene el gradiente observado entre las zonas óxicas superficiales más básicas y las anóxicas más ácidas. Cabe destacar que la sonda tuvo una avería a principios de septiembre, por lo que no hay datos desde esas fechas.

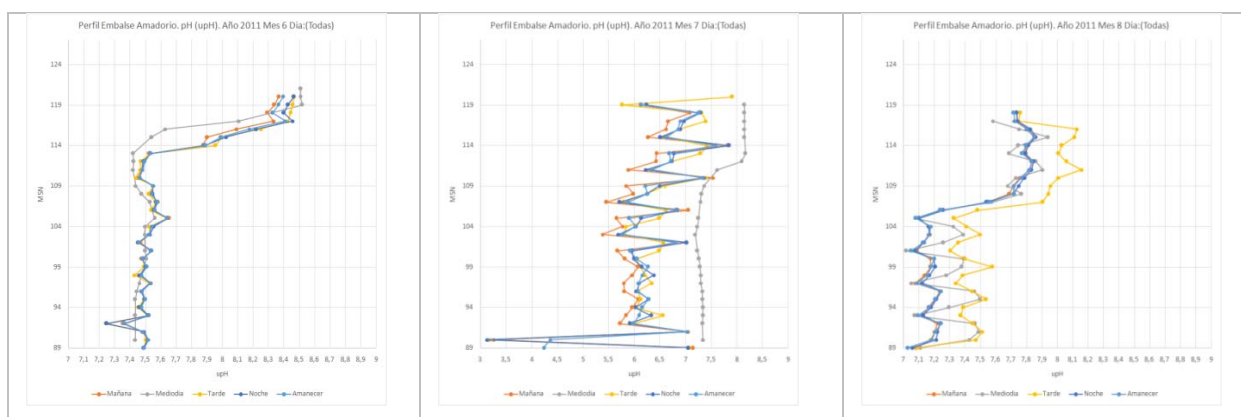


Figura 20. Evolución anual de los perfiles de pH. Año 2011.

Del año 2012, no se dispone de todos los datos que comprenden el período estival, objeto del presente estudio, sin embargo, se puede observar cómo la estratificación del embalse comienza a apreciarse en el mes de junio, y más acusada en el mes de julio. En

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

cuanto a los valores, siguen el mismo patrón que el año 2010, con un máximo en superficie en torno a los 8,3 ud pH, y un mínimo que se mantiene constante con la profundidad en el hipolimnion del orden de 7,6 ud pH.

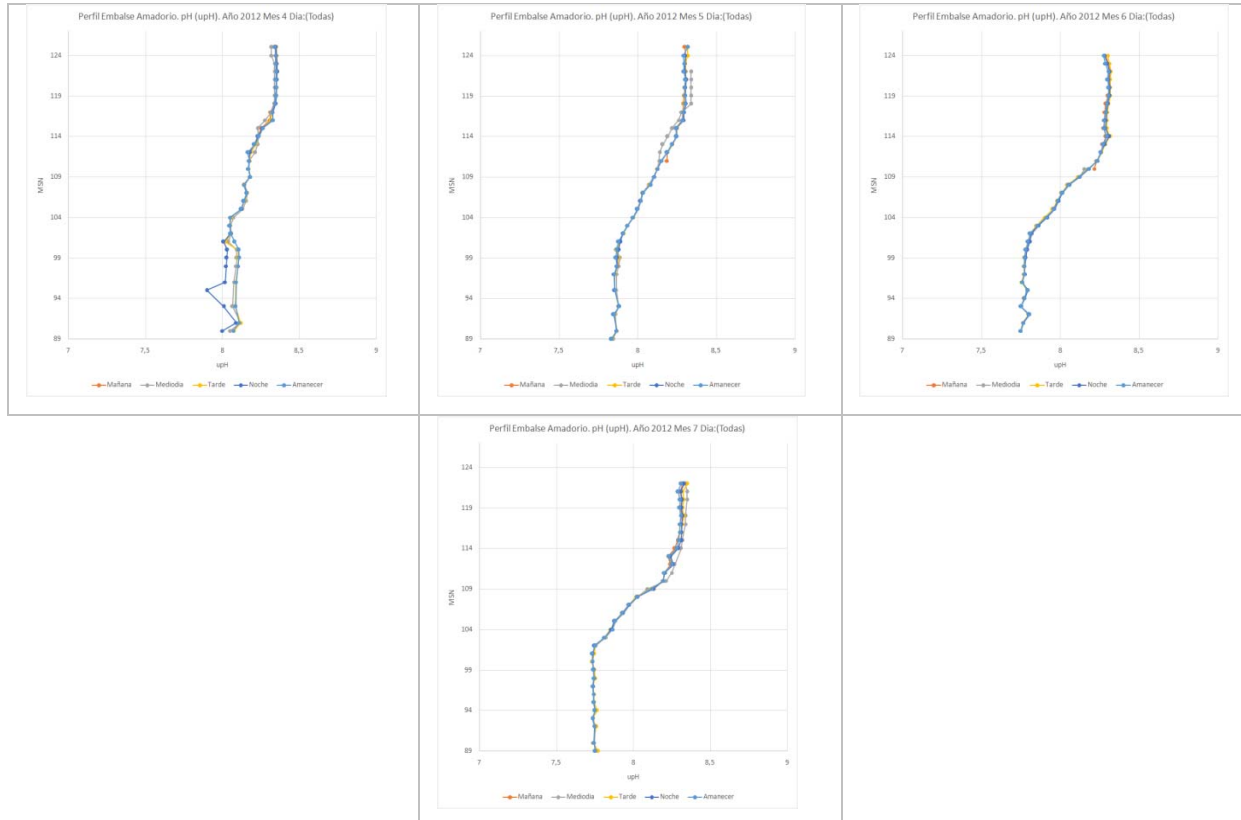


Figura 21. Evolución anual de los perfiles de pH. Año 2012.



4.3. - Análisis del régimen de estratificación térmica del embalse.

Seguimiento limnológico del embalse.

La temperatura es una variable muy importante para la limnología del embalse, es importante seguir la evolución de la termoclina y la estructura térmica del embalse para poder tomar decisiones en la gestión del agua.

La temperatura del agua es una de las características físicas de mayor importancia de los sistemas acuáticos. Afecta a numerosos parámetros de calidad del agua. La solubilidad de los gases disminuye y la solubilidad mineral se incrementa cuando la temperatura aumenta. El oxígeno disuelto (OD), el ciclo de nutrientes, la productividad biológica y los desarrollos piscícolas son algunos de los parámetros de calidad del agua severamente controlados por los cambios de temperatura. La temperatura tiene una fuerte influencia en los coeficientes de las reacciones químicas y biológicas, que se incrementan cuando la temperatura del agua aumenta.

El entorno ambiental determina el sistema térmico de un embalse y del agua almacenada, afectando a las características de la misma. El comportamiento térmico de un embalse depende de distintos factores: volumen y morfología (con especial atención a la profundidad media), acción eólica y características climáticas de la región, desplazamiento del agua en el almacenamiento (que está relacionado con varios factores, como son el tamaño del mismo, los caudales que ingresan y los caudales que egresan), régimen térmico del agua que ingresa, elevación de las tomas de donde se extrae el agua, etc.

En un embalse no se tiene, de ordinario, una temperatura fija para una profundidad. Además la enorme cantidad de agua dentro del almacenamiento, que casi en la totalidad de los casos se puede considerar como inmóvil, muestra una gran tendencia a conservar su temperatura presente, por lo que la estratificación de la temperatura del agua fija en gran parte los procesos químicos y biológicos que ocurren y se manifiestan en el almacenamiento, lo que a su vez incide en las propiedades del agua del mismo embalse y de la corriente río abajo.



En las siguientes gráficas se hace un análisis de la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto presente en la columna de agua para el embalse de Amadorio.

Los datos disponibles se corresponden con los observados en el período de estudio, careciendo de datos de T^a y OD de los meses anteriores a junio en el año 2010, y los correspondientes a los meses posteriores a julio de 2012.

Para las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano clasificadas en el grupo A2, como es el caso que nos ocupa, los niveles de calidad para estos parámetros (T^a y OD) son del orden de 25°C y del 50% de saturación, respectivamente.³

³ RD 1541/1994, de 8 julio, por el que se modifica el anexo 1 del R.D. 927/88, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y Planificación Hidrológica Calidad exigida a las aguas superficiales que sean destinadas a la producción de agua potable.

Febrero

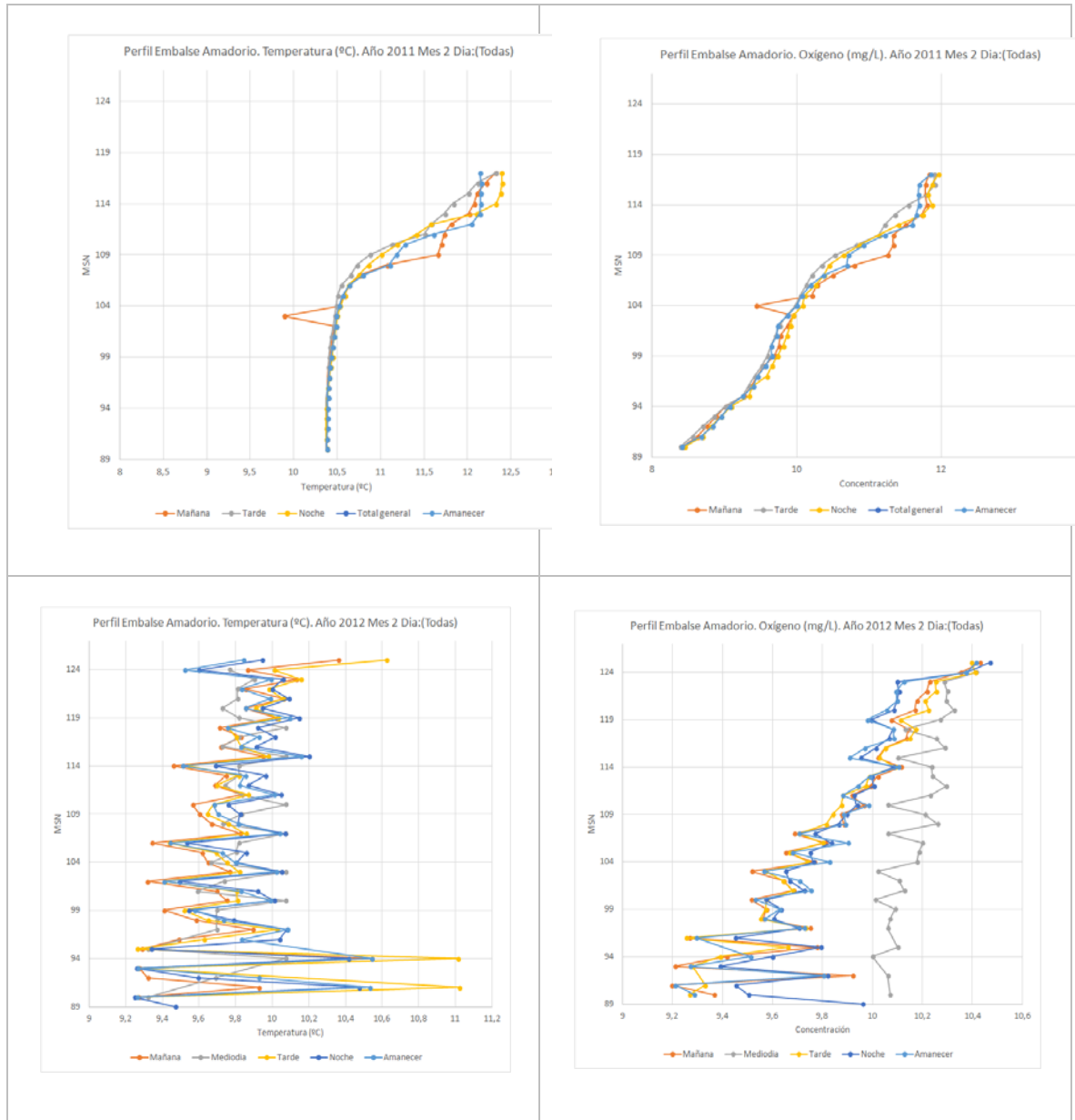


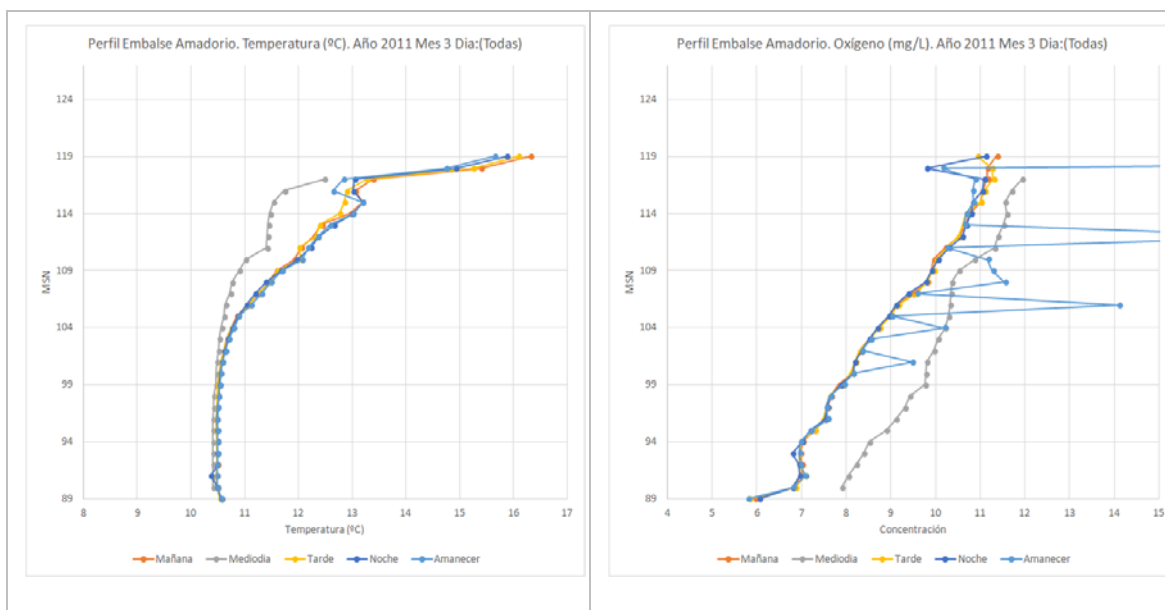
Figura 22. Perfiles de concentraciones de oxígeno disuelto y temperatura en el mes de febrero.

En el año 2011, se aprecia en el perfil de la temperatura y menos acusada en el del oxígeno disuelto, una ligera estratificación del embalse, donde la temperatura en superficie es de 12° C, en los primeros 5 metros, y va disminuyendo hasta la cota 104, donde se mantiene constante con la profundidad en 10,4° C. El mismo patrón sigue el oxígeno disuelto, que en

superficie se aproxima a los 12 mg O₂/l, en superficie, y disminuye dicha concentración ligeramente en profundidad hasta los 8,5 mg O₂/l. En cualquier caso, el oxígeno disuelto, tanto en superficie como en profundidad, se encuentra por debajo del de saturación, lo que implica una mala calidad del agua.

En el año 2012, a diferencia que en el 2011, se observa que el lago está prácticamente mezclado en esta fecha. El valor del oxígeno disminuye con la profundidad, pasando de una concentración de 10,4 mg O₂/l en la capa superficial a aproximadamente unos 9,5 mg O₂/l. En cuanto al perfil de la temperatura, para este año 2012, se observa claramente cómo el lago permanece mezclado, y la temperatura tanto en superficie como en profundidad se mantiene en un intervalo entre 9,4°C y 11 °C. Teniendo en cuenta que el oxígeno de saturación⁴ para una temperatura media de 10 °C, es de 10,92 mg O₂/l, en este caso el oxígeno ese encuentra por debajo del de saturación, lo que implica una buena calidad del agua.

Marzo



⁴ Anejo 2. Dependencia de la concentración de oxígeno disuelto respecto a la temperatura del agua (Bain y Stevenson 1999)

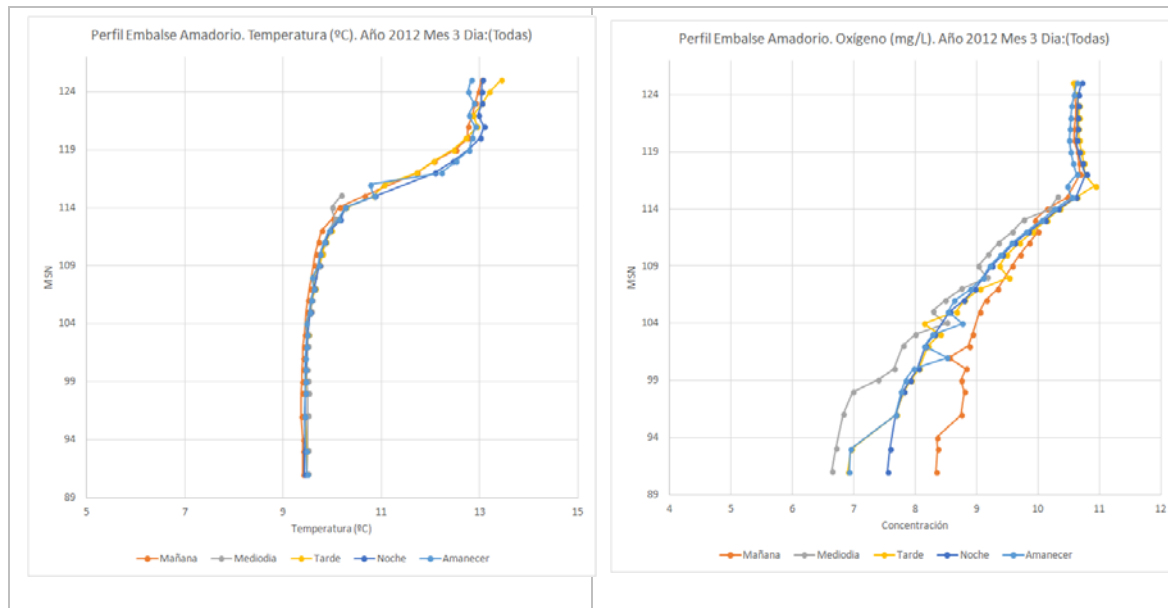


Figura 23. Perfiles de concentraciones de oxígeno disuelto y temperatura en el mes de marzo.

En el año 2011, mientras la estratificación comienza a marcarse ligeramente en la temperatura, esta misma estratificación no se hace tan evidente en el perfil del oxígeno disuelto. Existe una transición en la temperatura entre las cotas 119 y 114, de unos 3 °C. Dicho gradiente, tiene lugar en el metalimnion con un espesor de 5 metros. Sin embargo, la concentración de Oxígeno disuelto muestra un perfil de un embalse prácticamente mezclado, con un gradiente de unos 4 mg O₂/l. En la capa superficial la concentración es de 11 mg O₂/l, siendo el oxígeno de saturación, para una temperatura de 13 ° C de 10,20 mg O₂/l, por lo que el oxígeno está por encima del de saturación, lo que implica una mala calidad del agua. Sin embargo, en profundidad, se alcanza una concentración de oxígeno disuelto de unos 6 mg O₂/l, estando por debajo del de saturación, que a una temperatura de 9,5 ° C, sería del orden de 11,19 mg O₂/l.

En el año 2012, la temperatura en superficie es menor que en el año 2011, apreciándose claramente una estratificación, que no se da en el perfil del oxígeno disuelto, ya que tiene un lugar un gradiente de concentración entre la superficie que se mantiene constante en los primeros 10 metros entorno a 10,5 mg O₂/l, disminuyendo con la profundidad a partir de la cota 114, hasta alcanzar los 6-8 mg O₂/l. En cuanto a la dependencia de la concentración de oxígeno disuelto con respecto a la temperatura, en profundidad se observa cómo ésta se

encuentra por debajo de la de saturación, producto de una mala calidad del agua, sin embargo en superficie ésta se encuentra muy próxima a la de saturación.

Abril

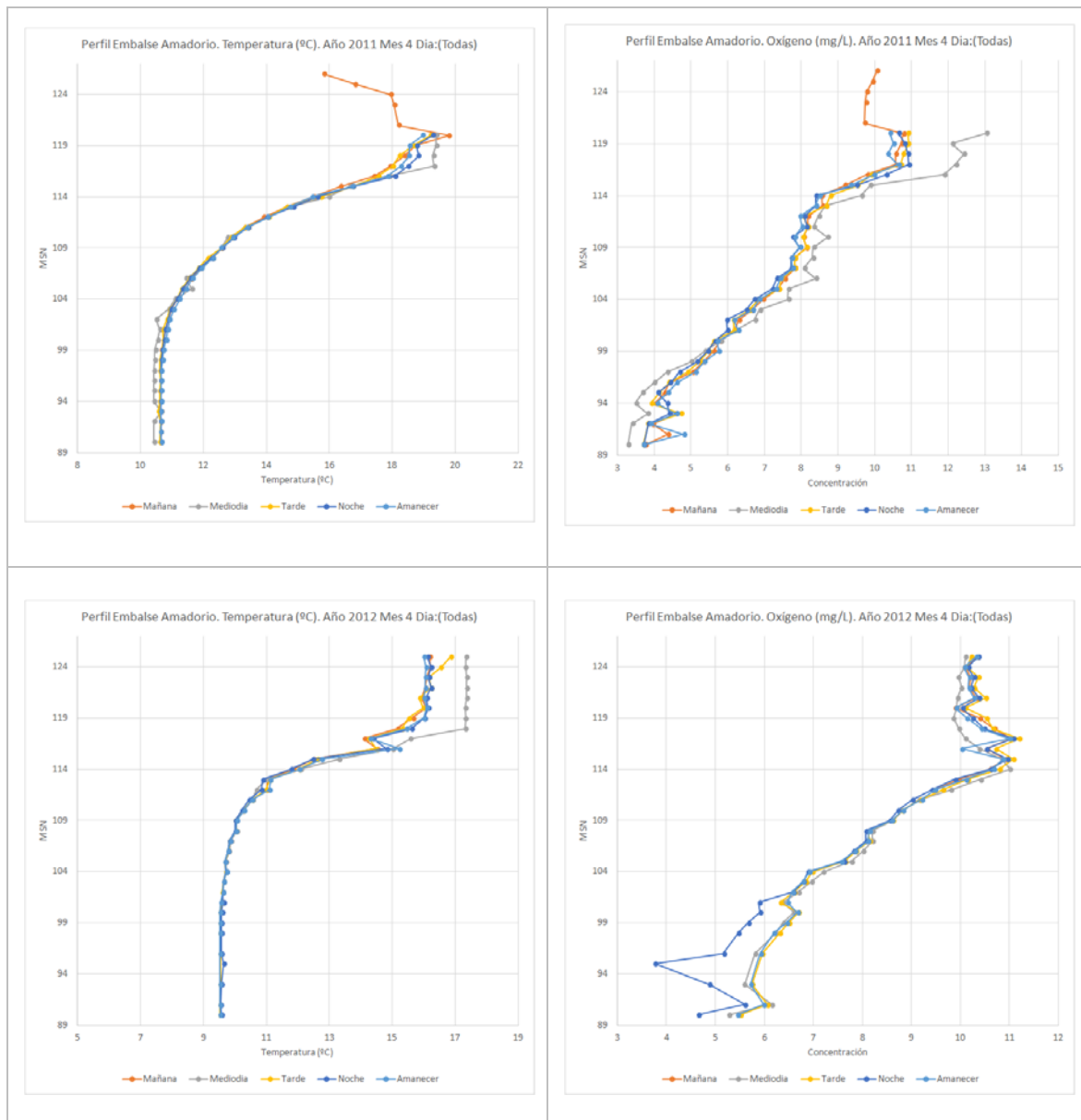


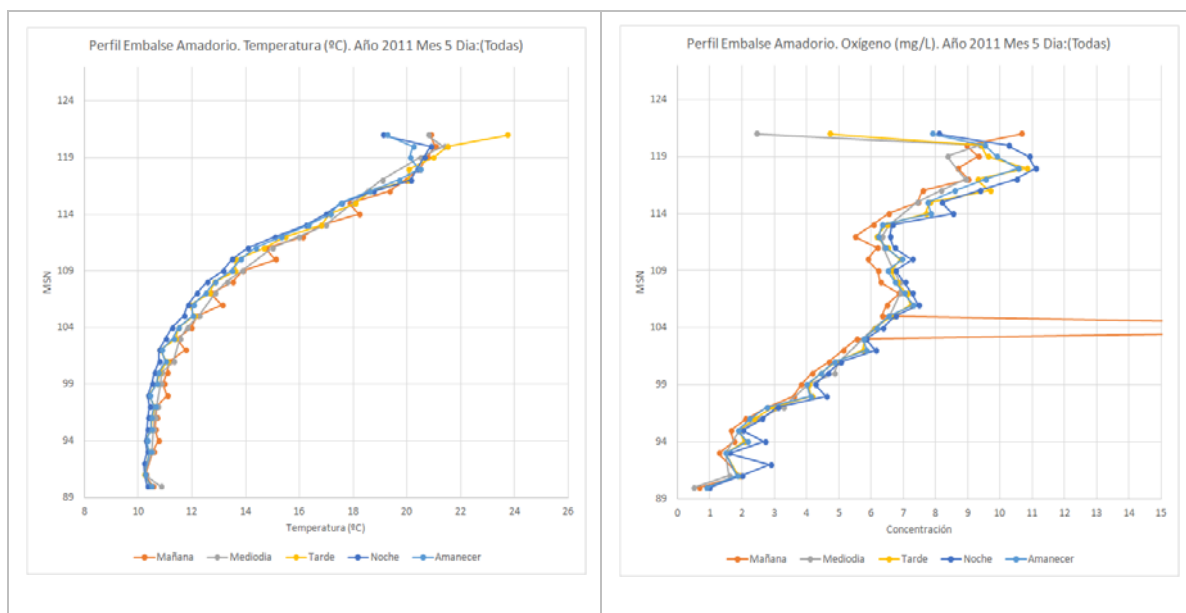
Figura 24. Perfiles de concentraciones de oxígeno disuelto y temperatura en el mes de abril.

En ambos años, se observa un incremento de la temperatura en la capa superior con respecto al mes anterior de unos tres grados aproximadamente, pero el perfil es muy

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

similar al anterior, mostrando una ligera estratificación y con un gradiente de temperatura entre el epilimnion y el hipolimnion del mismo espesor. En el caso del oxígeno disuelto, ya comienza a apreciarse una ligera estratificación. La concentración de oxígeno en el año 2011, está en torno a los 11 mg O₂/l en superficie, siendo superior a la de saturación para una temperatura de 18° C, que estaría en torno a los 9,18 mg O₂/l. Lo mismo ocurre para el año 2012. Sin embargo, en los dos años, se observa cómo a medida que aumenta la profundidad del embalse va mejorando la calidad del agua, teniendo en cuenta la dependencia de la concentración de oxígeno disuelto con la temperatura.

Mayo



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

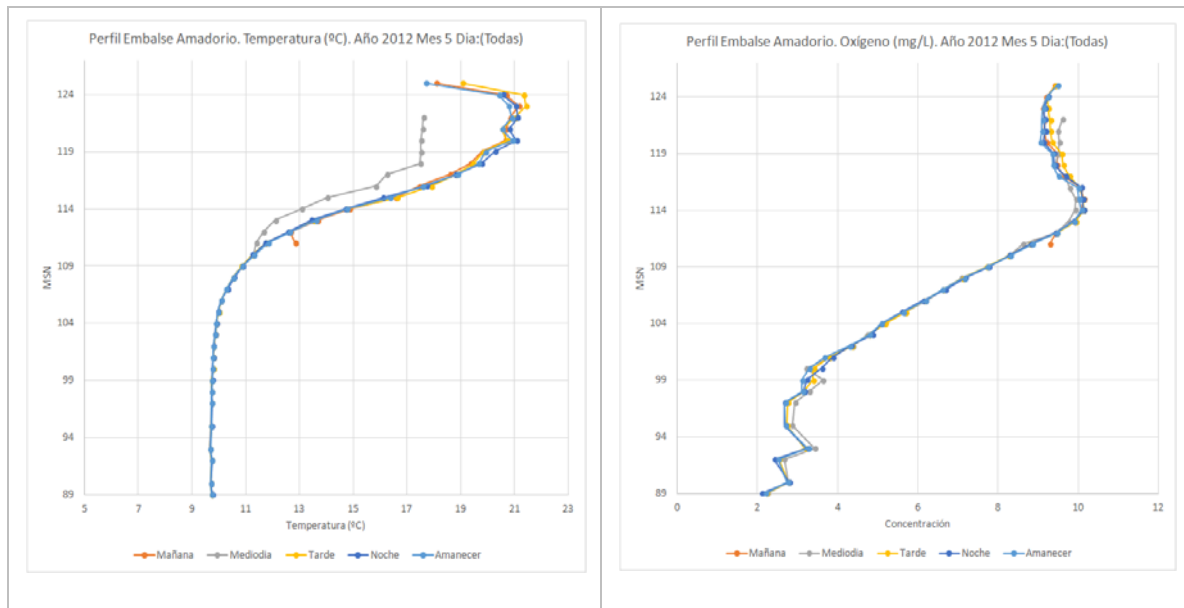


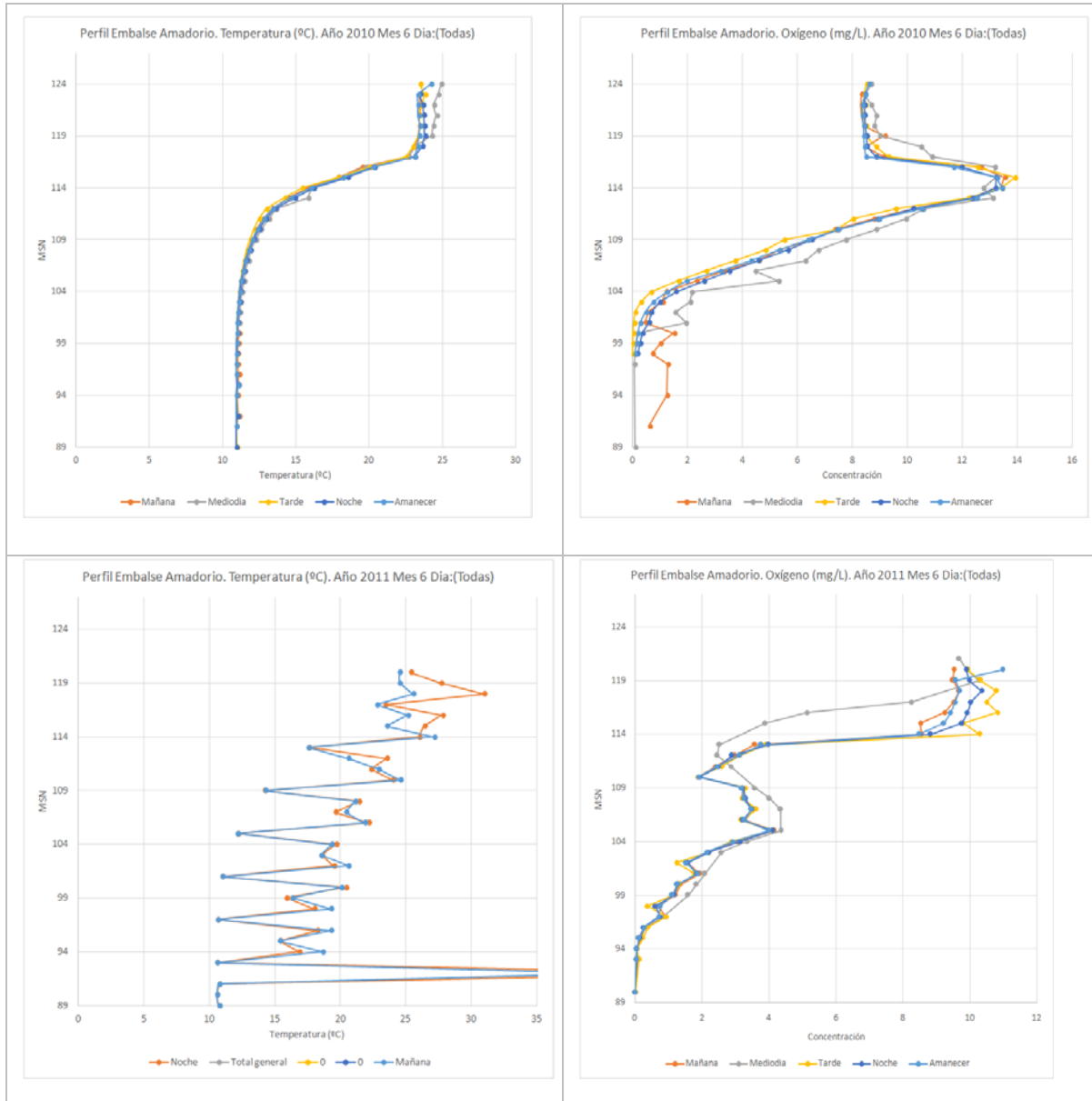
Figura 25. Perfiles de concentraciones de oxígeno disuelto y temperatura en el mes de mayo.

El perfil de la temperatura en ambos años es bastante parecido, donde se aprecia una estratificación térmica del embalse más acusada que en meses anteriores, con elevadas temperaturas en superficie y con una disminución de ésta hasta mantenerse constante en profundidad alcanzando los 10 °C. En el caso del perfil del oxígeno disuelto, a diferencia del año 2012, en éste se observa una tendencia en profundidad hacia la anoxia, por lo que la concentración de oxígeno disuelto en el hipolimnion para una temperatura de 10° C, le correspondería una concentración de 10,92 mg O₂/l, muy superior a la concentración observada.



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Junio



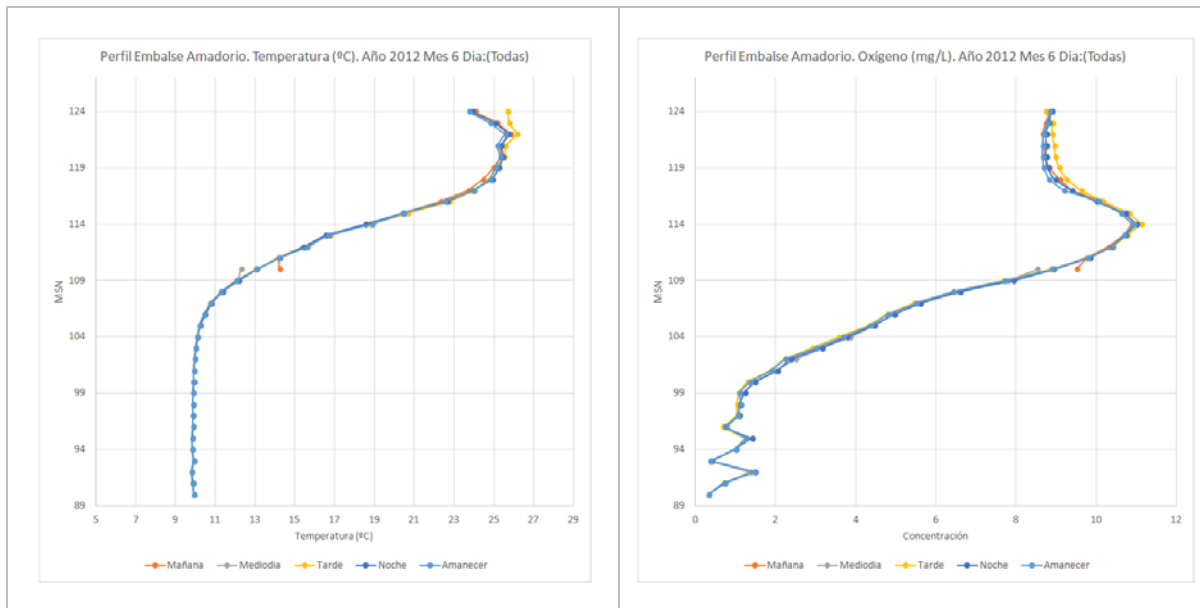


Figura 26. Perfiles de concentraciones de oxígeno y temperatura en el mes de junio.

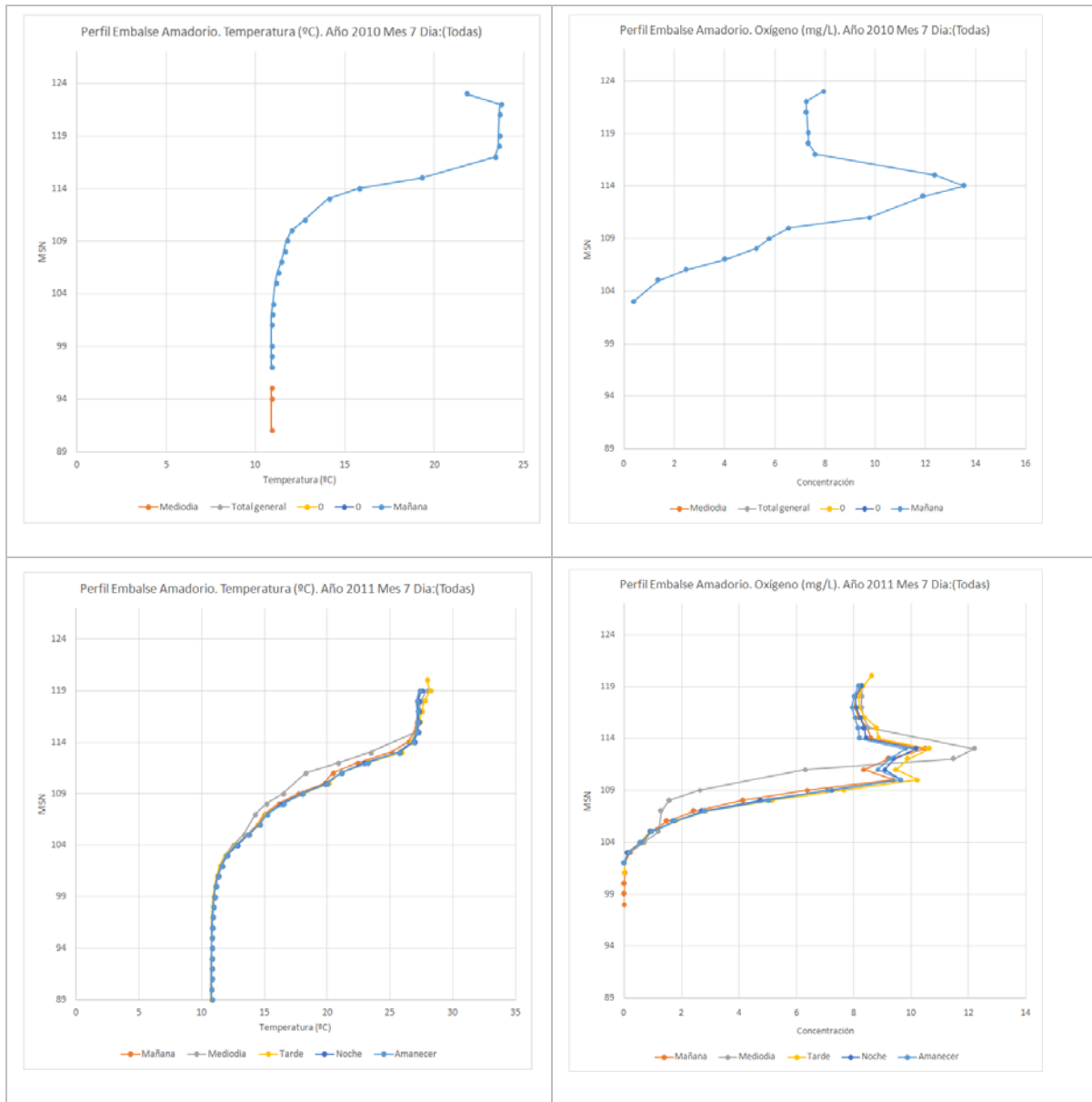
Continúa aumentando la temperatura en superficie con respecto al mes anterior, llegando a los 25 °C. El epilimnion tiene un espesor de 5 metros, pero es en este momento cuando ya se aprecia un gradiente importante de temperatura, y la termoclina va aumentando su espesor, siendo en los años observados de 10 metros. Se observa que al igual que en el mes anterior, la disminución de la temperatura sigue una progresión lineal de 1° C por cada metro de profundidad, hasta llegar a los 104 metros, donde se estabiliza en aproximadamente 10°C, salvo en el año 2011, donde no son representativos los valores observados, ya que no se aprecia la estratificación del embalse, mostrando un perfil más típico de un periodo de mezcla del embalse.

La estratificación más acusada se observa en el perfil del oxígeno disuelto, donde alcanza su concentración máxima en la cota 114, siendo entorno a los 12-13 mg O₂/l, por encima de la de saturación del oxígeno a 15° C. Que la concentración máxima de oxígeno, no se dé en las capas superiores y aparezca unos metros más abajo, podría deberse o se correspondería con la zona en la que el crecimiento del fitoplancton es máximo. El hipolimnion se encuentra anóxico en los años 2010 y 2011, sin embargo en el 2012 no se llega a alcanzar la anoxia. La temperatura en el hipolimnion se encuentra a 10°C.



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Julio



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

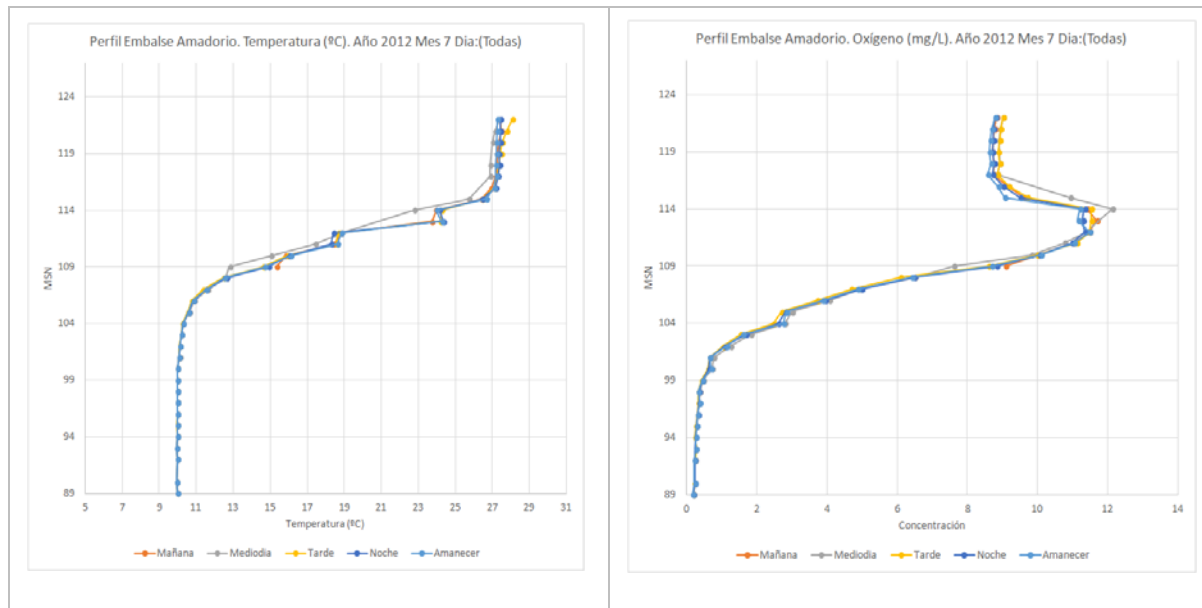


Figura 27. Perfiles de concentraciones de oxígeno y temperatura en el mes de julio.

Es evidente la estratificación del embalse. En este mes la temperatura en superficie aumenta, y se puede observar cómo el nivel del embalse ha bajado de los 124 metros, debido a las extracciones de agua destinadas al abastecimiento en este momento. La termoclina se sitúa aquí sobre la cota 114, por debajo que en los meses anteriores, pero llegando hasta la cota 99, y por tanto con un espesor de 15 metros, pero con un mayor gradiente de temperatura, que va de los 28 °C en superficie, a los 10 en profundidad. Es muy evidente la diferente concentración de oxígeno disuelto en cada una de las capas.

En el epilimnion la concentración de oxígeno está entre los 8,5 - 9 mg O₂/l, y en el hipolimnion la concentración de oxígeno es prácticamente cero, sólo se alcanza la anoxia en el año 2011. No ha desaparecido el incremento de oxígeno que se producía unos metros por debajo de la superficie

Agosto

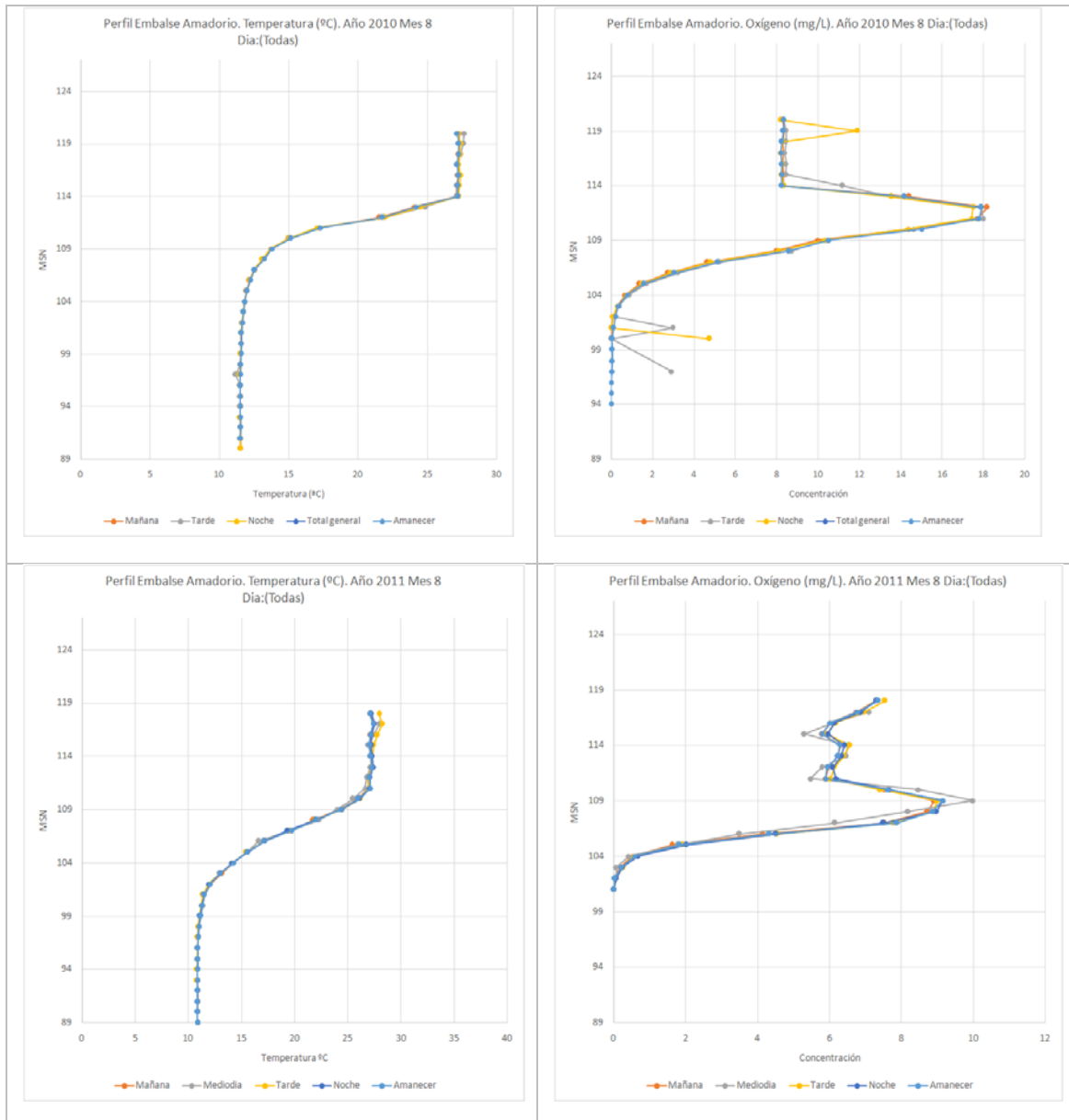


Figura 28. Perfiles de concentraciones de oxígeno disuelto y temperatura en el mes de agosto.

En el embalse existe una estratificación similar a la del mes anterior. Las temperaturas son ligeramente más bajas a las del mes de Julio. La termoclina se sitúa en la cota 114 en el año 2010, y en la cota 109 en el 2011, siendo el espesor del epilimnion de unos 5 metros para el primer año, y de 10 para el segundo. La temperatura en el hipolimnion, se estabiliza en torno a los 11 grados. Las concentraciones de oxígeno son más bajas que en el mes

anterior, siendo el máximo de concentración particularmente acusado en el año 2010 (18 mg O₂/l) en el metalimnion, y va disminuyendo hasta llegar a cero.

Septiembre

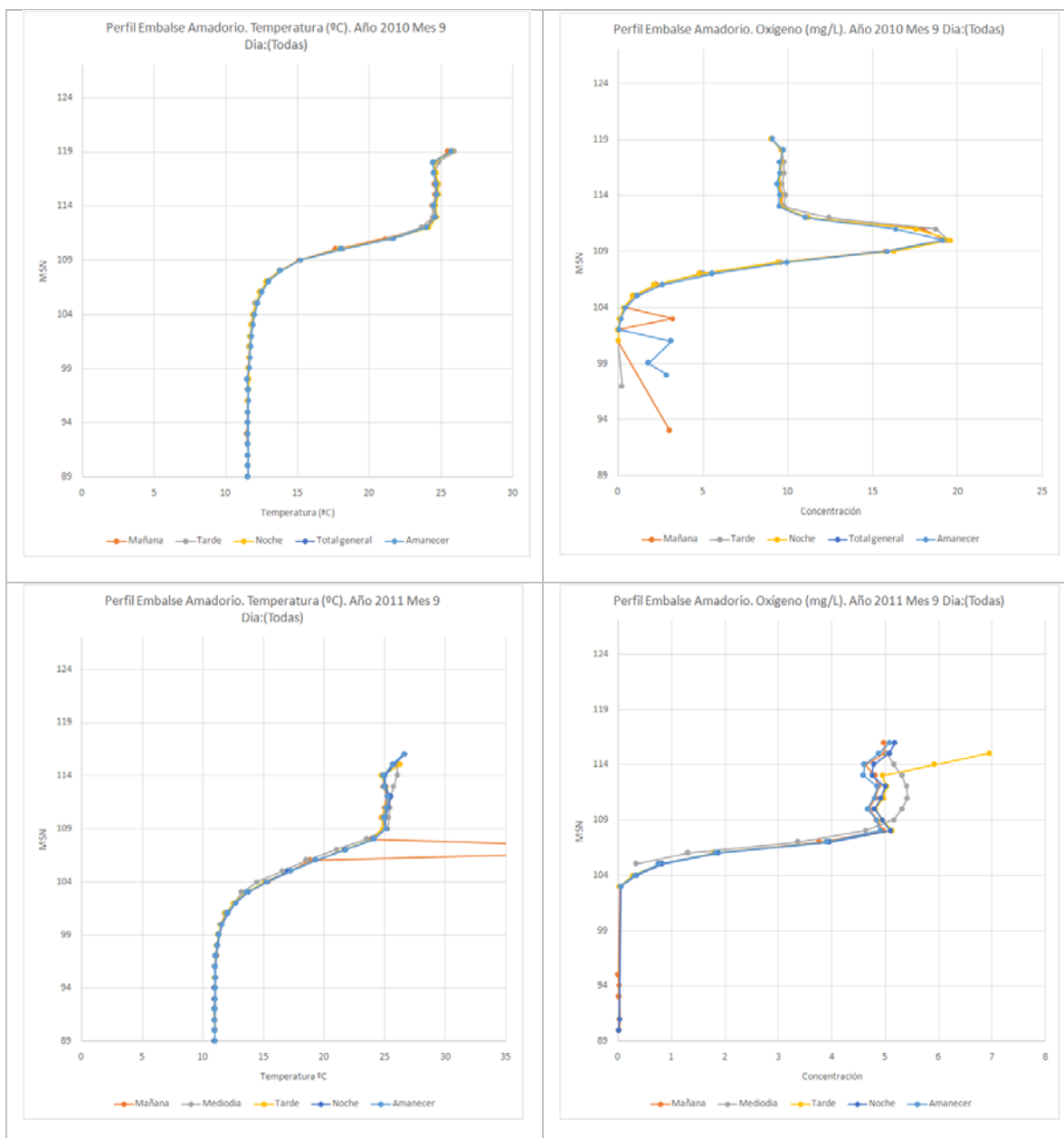


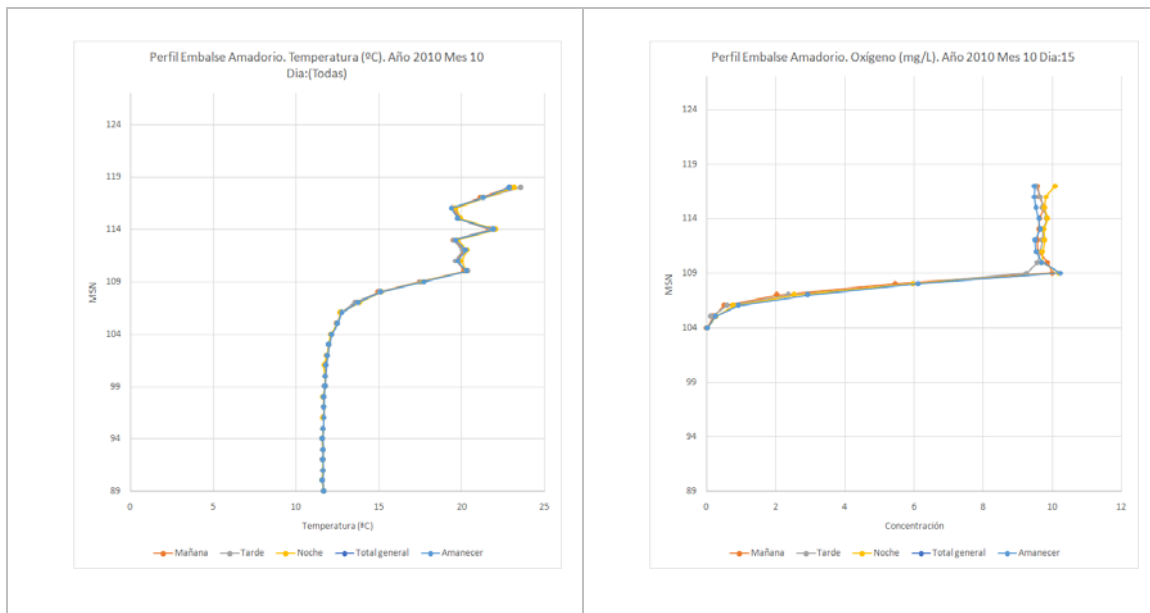
Figura 29. Perfiles de concentraciones de oxígeno disuelto y temperatura en el mes de septiembre.



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Se observa como el embalse está estratificado. La temperatura en superficie comienza a descender a medida que avanzan los meses. El espesor del epilimnion es de unos 5 metros. Sigue existiendo un fuerte descenso de temperatura con la profundidad, la diferencia entre la superficie y la capa más profunda está en torno a los 11°C. La temperatura comienza a descender de una manera continua a partir de la cota 114 en el año 2010 y de la 109 en el 2011. El hipolimnion permanece en estado anóxico, mientras que la concentración de oxígeno disuelto en el epilimnion durante el año 2010 aumenta respecto al mes anterior, sin embargo, en el año 2011 la concentración está alrededor de los 5 mg O₂/l, inferior al mes anterior. El gradiente que se forma en la concentración de oxígeno disuelto es muy acusado, pasando de la concentración del epilimnion a una concentración de 0 mg O₂/l en cuestión de cinco metros.

Octubre



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

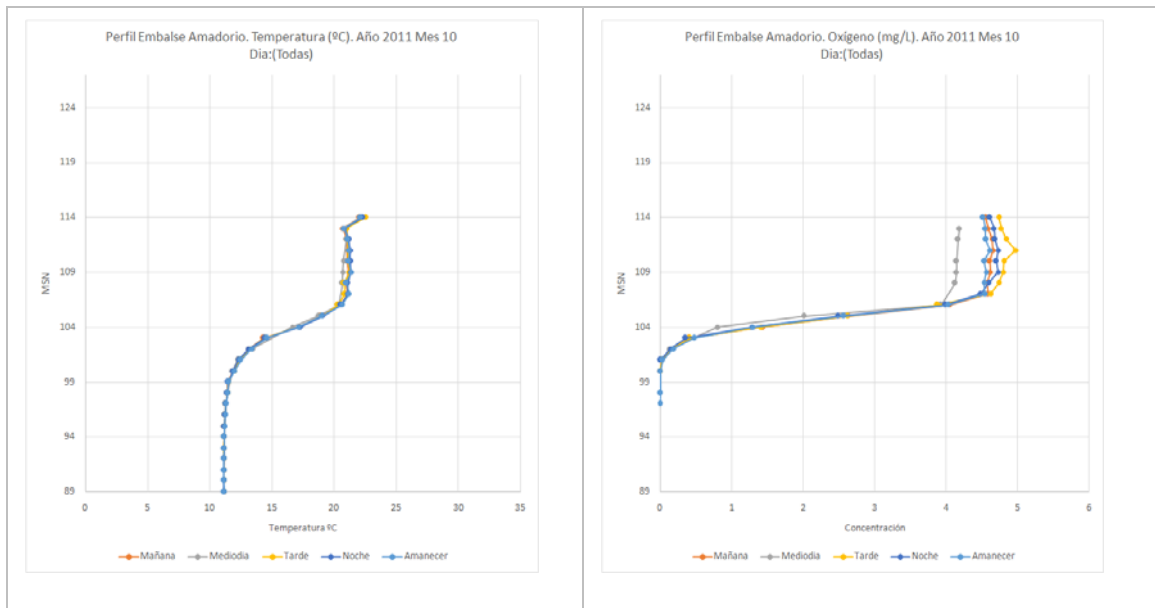
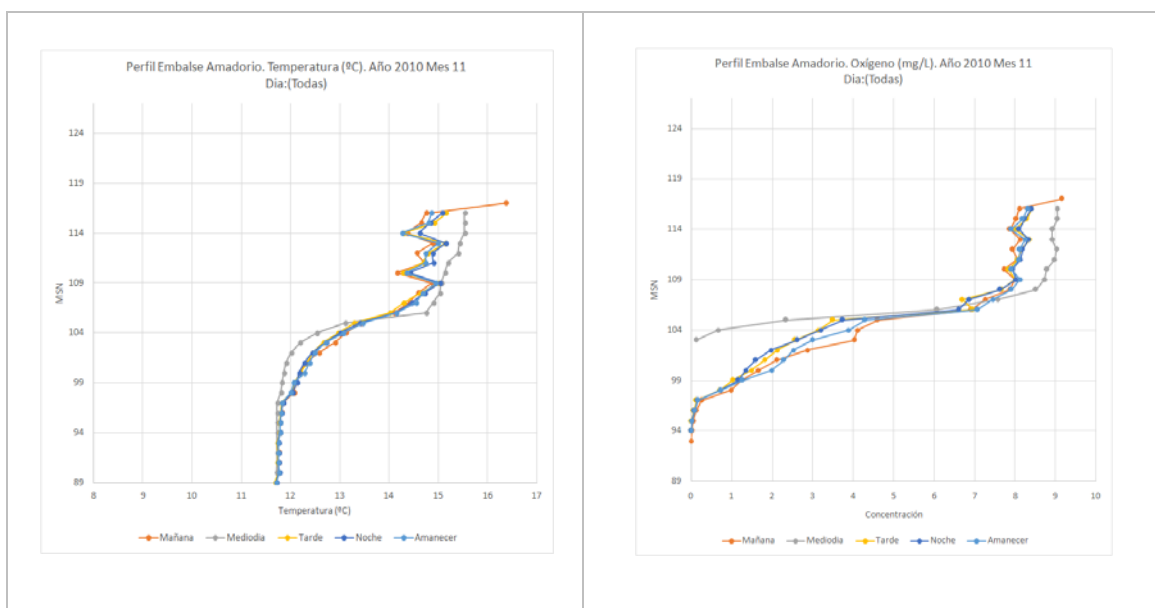


Figura 30. Perfiles de concentraciones de oxígeno disuelto y temperatura en el mes de octubre.

Sigue existiendo una estratificación, pero menos acusada, que se sitúa entre la cota 109 para el año 2010 y en la 107 para el 2011. Aquí la termoclina tiene ya un espesor menor, de unos 5 metros.

Noviembre



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

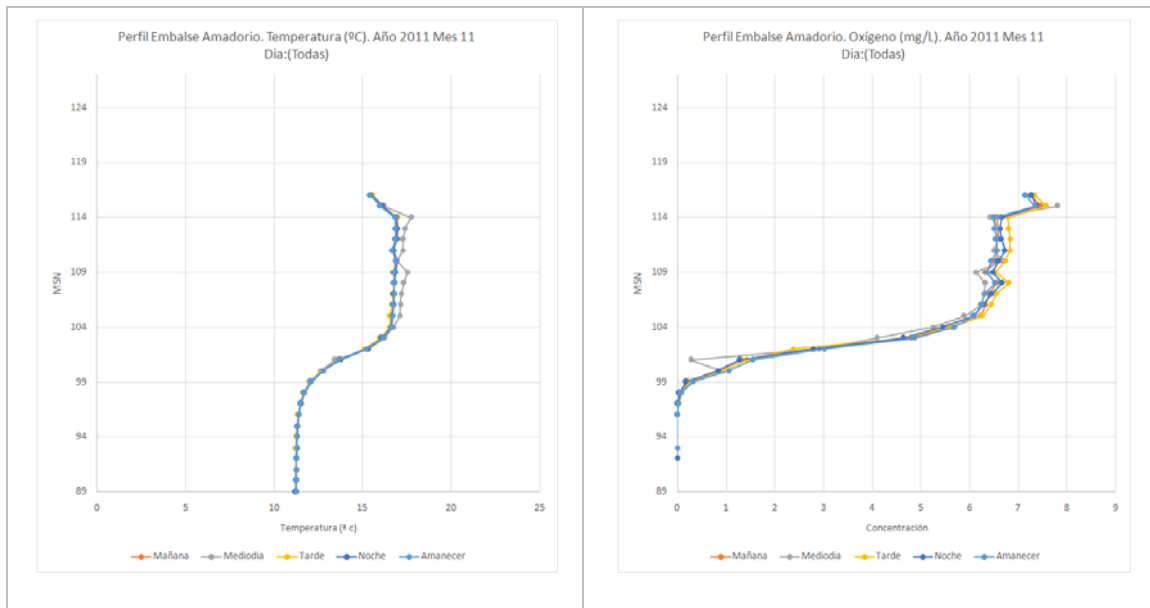


Figura 31. Perfiles de concentraciones de oxígeno disuelto y temperatura en el mes de noviembre.

Se aprecia un espesor más elevado del epilimnion, que va hasta la cota 104, de aproximadamente 10 metros, donde la temperatura se mantiene constante entorno a los 16 ° C, hasta que tiene lugar el gradiente de temperatura. La termoclina en este caso es de 5 metros, y la temperatura disminuye hasta alcanzar en la cota 99 los 11 ° C, que se mantienen constantes en el hipolimnion. La diferencia de temperatura entre la lámina libre de agua y las capas más profundas es de aproximadamente 5 °C. Es una evidencia del proceso de mezcla que se está produciendo en el embalse. La concentración de oxígeno todavía presenta estratificación, pasando de una concentración de entre 6 - 7 mg O₂/l, a una zona anóxica en apenas cinco metros.

Tras observar las gráficas se puede apreciar el ciclo de estratificación térmico que sufre el embalse. Con los datos disponibles, en el mes de mayo el embalse ya presenta estratificación, la cual se hace más evidente en los meses de junio, julio y agosto.

A partir del mes de noviembre comienza a apreciarse el proceso de mezcla en el embalse, cuando dicho proceso debía darse hacia el mes de septiembre, debido al enfriamiento típico de la capa superficial de agua de esa época del año, sin embargo, el mes de septiembre de



los años de estudio tuvo temperaturas bastante elevadas, lo que explicaría este cierto retraso en el proceso de mezcla.

En las gráficas también se puede observar como a partir de junio y hasta noviembre la concentración de oxígeno disuelto en el hipolimnion es cero. Que el hipolimnion se encuentre en condiciones de anoxia tiene una serie de consecuencias entre las que se pueden destacar transformaciones en las características fisicoquímicas, como liberación de compuestos como el amonio y el sulfhídrico. También cabe destacar que se pueden producir procesos de acidificación, lo que puede tener como consecuencias la solubilización del fósforo inmovilizado en los sedimentos, y la solubilización de algunos metales.

El peor momento se puede dar cuando se produce la mezcla, ya que los compuestos que se encontraban en el hipolimnion pueden pasar a toda la columna de agua, con el consiguiente riesgo para peces u otras especies que habiten el embalse.



4.4.- Análisis de momentos temporales concretos

A continuación se analizarán los momentos temporales concretos más críticos, correspondientes al período estival.

Conductividad eléctrica

De los años de estudio, se observa que los años 2011 y 2012, siguen un patrón distinto al correspondiente al 2010, ya que en estos años los menores valores de conductividad se encuentran en el epilimnion, mientras que los máximos se alcanzan en el metalimnion, y se va manteniendo con la profundidad. También, se puede observar que la media de los valores con respecto al año 2010 es más elevada, del orden de los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero no la dinámica, ya que en primavera se observó un aumento de los registros con la profundidad. Probablemente, la mineralización en el caso del año 2010 fue menor, debido a que el volumen almacenado ese año era mayor que en años posteriores (Tabla 7).

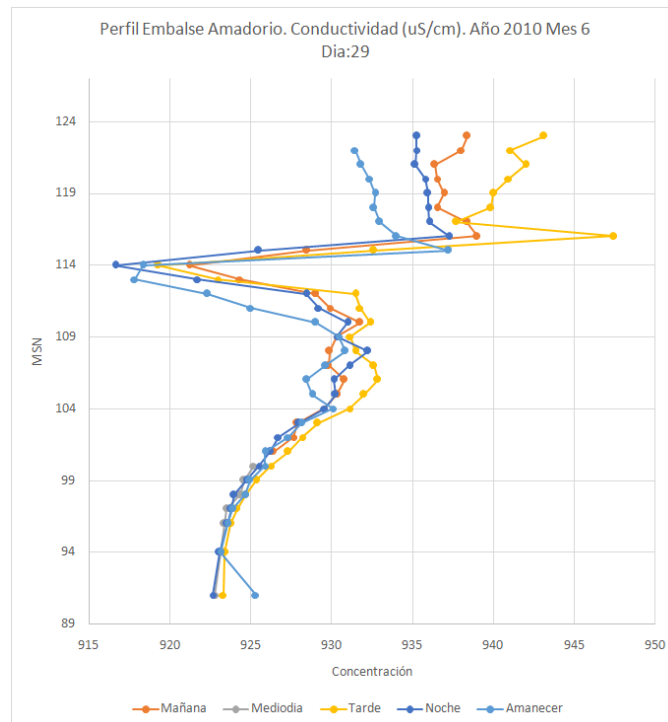
En relación a lo anteriormente expuesto, es el año 2010 el escogido para el análisis de momentos temporales concretos.

Se escoge para su estudio el mes más crítico, y se evalúa la evolución de la conductividad en éste. A su vez, se escoge de entre los tres días de estudio de cada mes, el más crítico, siendo en este caso el día 29 de junio, que es cuando comienza a formarse la termoclina y cuando mejor se observa cómo varía la CE en función del momento del día.

El análisis se va a hacer teniendo en cuenta los valores observados en cuatro momentos diferentes del día (amanecer, mañana, tarde y noche).



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*



La evolución de la CE durante el día, muestra un desplazamiento de ésta hacia la derecha conforme van avanzando las horas, alcanzándose los mayores valores durante la tarde, y siguiendo el siguiente patrón:

CE tarde > CE mañana > CE noche > CE amanecer

El patrón a seguir del perfil de la CE es el mismo en todos los casos de estudio, pero en este en concreto se observa en superficie una clara diferencia de la CE conforme va pasando el día, de unos 5 $\mu\text{S/cm}$. Esto es debido, comparándolo con el perfil de temperatura, al gradiente de temperatura que todavía se da en estas fechas a lo largo del día, ya que, como se ha comentado anteriormente, este parámetro depende de la temperatura del agua ($a > \text{Temperatura} > \text{CE}$).

Del amanecer a la mañana, hay un salto brusco de la CE, la cual sigue aumentando por la tarde hasta alcanzar su máxima para después disminuir durante la noche, hasta alcanzar el amanecer con los valores más bajos.



Clorofila a

Tal y como se ha desarrollado en apartados anteriores, la concentración de la Clorofila a en el agua, permite una estimación de la concentración de fitoplancton e indirectamente, de la actividad biológica. El crecimiento de la población de fitoplancton en el medio natural es una compleja función de la radiación solar, la temperatura y el balance entre la disponibilidad de los nutrientes y su requerimiento por parte del fitoplancton.

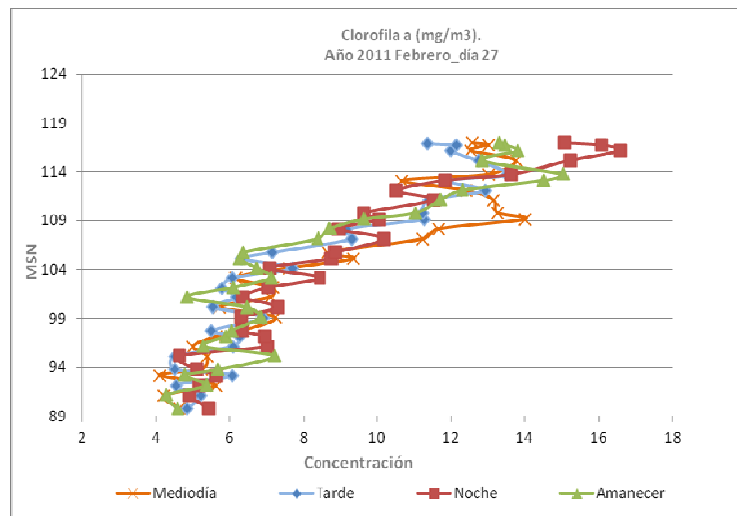
Cabe destacar que, el efecto neto de la temperatura en la cinética del fitoplancton es difícil de establecer, ya que por un lado tiene un efecto directo en la velocidad de crecimiento, pero por otra parte, tiene un efecto indirecto en la intensidad lumínica de saturación de fitoplancton. Por lo que, la velocidad de crecimiento aumenta hasta alcanzar un máximo a una temperatura determinada, a partir del cual vuelve a disminuir.

El fitoplancton necesita la radiación solar para realizar la función fotosintética, dándose su máxima productividad, en condiciones de temperatura y nutrientes constantes, para una determinada intensidad lumínica denominada intensidad óptima. En un medio natural, como es el caso que nos ocupa, la intensidad luminosa a la que está expuesto el fitoplancton no es siempre óptima, produciéndose fenómenos de fotoinhibición en la superficie por un exceso de radiación, y en profundidad por un defecto de la misma.

En consecuencia, el período escogido en el caso de este parámetro será el comprendido entre los meses de febrero a Julio del año 2011, que es cuando tuvo lugar el episodio de “*Bloom*” de algas.

Este fenómeno tuvo comienzos en febrero, pero los resultados a partir de esta fecha empeoraron en superficie, por lo que se escoge el mes de febrero para su análisis y concretamente el día 27.

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)



La evolución de la concentración de Clorofila a muestra la formación de un máximo metalimnético, fruto del desarrollo normal de las poblaciones algales en este momento en el embalse, alcanzando valores próximos a los 18 mg/m³

Las bajas temperaturas en las estaciones de invierno provocan el afloramiento de aguas profundas más frías y enriquecidas de nutrientes, lo que conlleva también a un aumento en la concentración de Clorofila a en esas localizaciones, sosteniendo así una producción primaria más elevada. Este es el momento en el que el embalse se encuentra mezclado.

Sin embargo, la disminución de la Clorofila a en las zonas más profundas se ve afectada por la sedimentación del fitoplancton muerto y su descomposición.

En cuanto a la variación noche/día, en medios naturales eutrofizados, la intensidad luminosa puede provocar variaciones importantes de la concentración del oxígeno disuelto en el agua, con su repercusión sobre el fitoplancton.

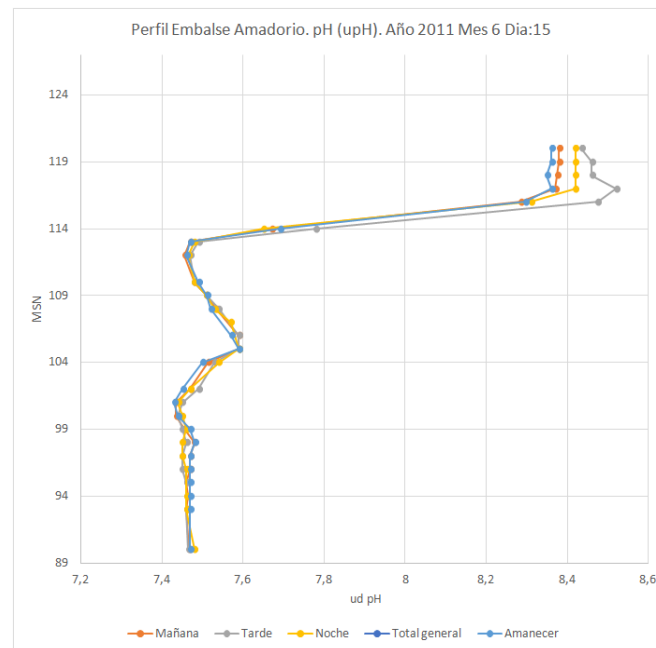
pH

Tal y como se ha descrito anteriormente, el año 2011 fue el que presentó un descenso brusco de los valores de pH en el embalse, por lo que se escoge para su estudio.

Durante el mes de junio, el pH fue básico y relativamente homogéneo en todo el perfil vertical, mostrando en cualquier caso valores más elevados en el epilimnion, coincidiendo

*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

con el máximo algal, por lo que cabe pensar que esto responde a la actividad fotosintética de éste. En promedio, los valores fueron de 8,4 ud pH y de 7,5 ud pH en el epilimnion y el hipolimnion respectivamente.



La evolución del pH durante el día, a penas muestra diferencia alguna, únicamente se observa un ligero aumento en superficie, pero no es indicativo ya que, la temperatura del agua tiene un efecto medible, aunque muy ligero sobre el pH, de modo que éste aumenta al aumentar la temperatura del agua y viceversa. Esto se debe a que al aumentar la temperatura del agua, las moléculas tienden a descomponerse en sus constituyentes, el hidrógeno y el oxígeno.

Cabe destacar su evolución durante el día, ya que el pH del agua se va a ver influenciado por los procesos de respiración y fotosíntesis, en este sistema eutrofizado.

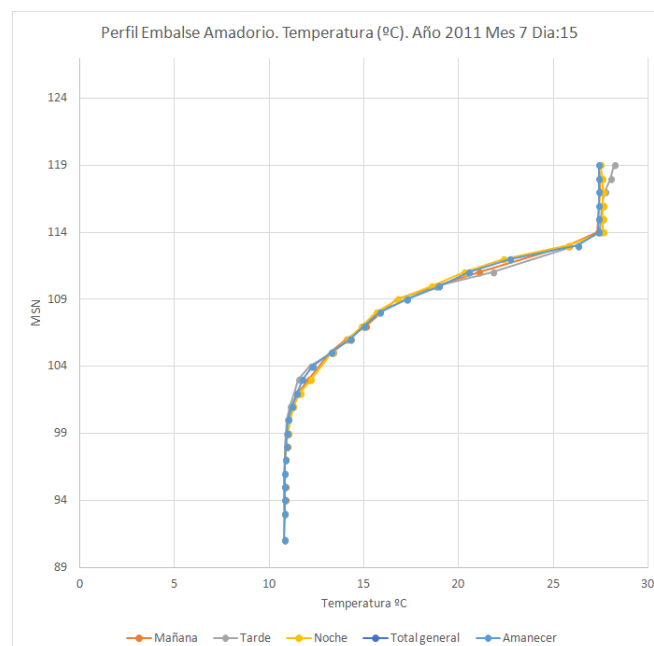
Durante el día el pH aumenta al disminuir la concentración CO_2 en el agua, y cuando llega la noche, al no fotosintetizar aumenta la concentración de CO_2 , lo que lleva a un descenso del pH, siendo por tanto muy importante la relación de este parámetro con la concentración de algas presentes en el agua, ya que varían el pH debido al consumo de CO_2 durante la fotosíntesis y su generación durante la respiración.



Temperatura

Durante este mes el embalse se encontró estratificado térmicamente, con la termoclina situada entre las cotas 114 y 99 m.s.n.m., presentando temperaturas en superficie entorno a los 28 °C, durante los primeros cinco metros, y descendiendo bruscamente en el metalimnion, hasta alcanzar los 12 °C en la cota 104, los cuales permanecen constantes en profundidad

La evolución diaria de la temperatura apenas se aprecia en superficie, siendo los mayores valores observados los de la tarde y los menores los del amanecer. Esto es debido a la alta capacidad calorífica de ésta (puede absorber el calor de la radiación solar aumentando poco su temperatura), no existe una clara diferencia en superficie, entre la temperatura del día y la noche.

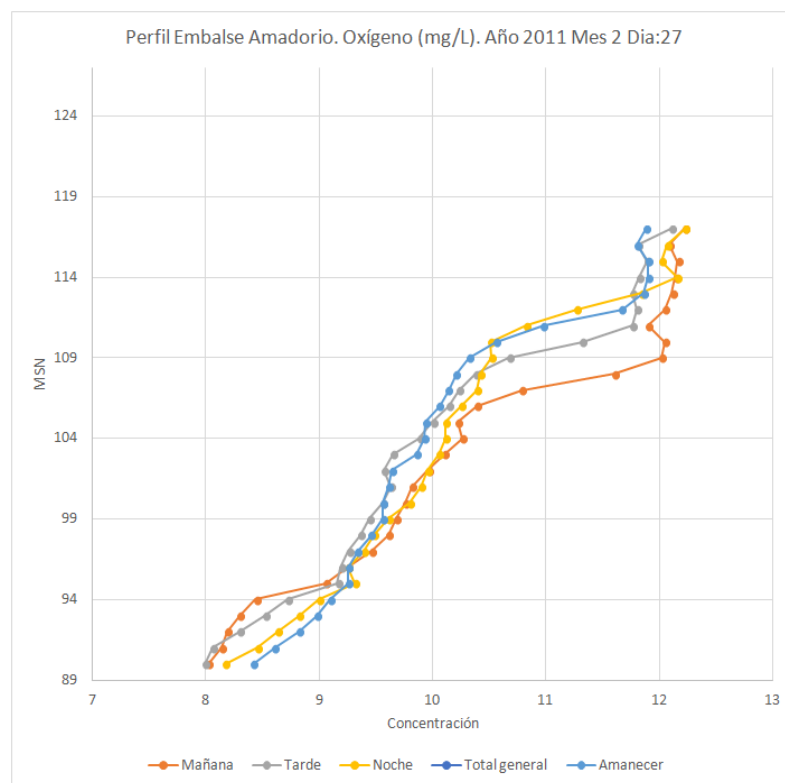




Oxígeno disuelto

Al igual que en el caso de la Clorofila a, el período de estudio escogido será el comprendido entre los meses de febrero a Julio del año 2011, que es cuando tuvo lugar el “Bloom” de algas.

Este fenómeno tuvo comienzos en febrero, pero los resultados a partir de esta fecha empeoraron en superficie, por lo que se escoge el mes de febrero.



Los valores que influyen en el valor de la concentración de saturación de oxígeno en el agua son, por orden de importancia: la temperatura, los sólidos en suspensión, la presión atmosférica y la presión parcial del vapor de agua.

El aporte de oxígeno al agua puede llegar a través de los afluentes, la reaireación superficial, y por la fotosíntesis tras la síntesis de materia orgánica. Sin embargo, el consumo de oxígeno, viene asociado a la degradación de la materia orgánica, la



nitrificación, por la respiración de las algas, la oxidación química y la demanda desde los sedimentos.

Por regla general, la concentración de oxígeno disuelto está inversamente relacionada con la temperatura, ya que al aumentar ésta, aumenta la actividad metabólica y por tanto aumenta la eliminación de materia orgánica con el correspondiente aumento de consumo de oxígeno disuelto.

En el caso que nos ocupa, cabe destacar que en sistemas con alta productividad biológica, las variaciones de oxígeno disuelto entre el día y la noche pueden ser muy elevadas. A primera hora de la mañana, las concentraciones de OD son más bajas, reflejo del alto consumo de oxígeno que se ha producido durante la noche. Ya por la tarde, tras varias horas de intensa insolación, la producción de oxígeno por fotosíntesis es muy elevada.

4.5.- Conclusiones del análisis.

Del análisis realizado se desprende que durante el período de estudio, años 2010-2011-2012, el embalse de Amadorio ha sufrido algunas variaciones en cuanto a la calidad de sus aguas.

Los parámetros oxígeno disuelto y temperatura, fueron analizados de forma conjunta a efectos de analizar la estratificación del embalse a lo largo de los años 2010, 2011 y 2012. Observando las gráficas se puede apreciar el ciclo de estratificación térmico que sufre el embalse. Con los datos disponibles, se observa como en el mes de mayo el embalse ya presenta estratificación, la cual se hace más evidente en los meses de junio, julio y agosto, apreciándose en el embalse tres capas bien marcadas; la zona que comprende desde la superficie libre, hasta la zona donde comienza el gradiente de temperatura, se llama epilimnion, la zona del gradiente de temperatura, que si es muy marcada se denomina metalimnion, y la zona que se encuentra por debajo que es conocida como hipolimnion.

A partir del mes de octubre , comienza a disminuir la temperatura en la capa superficial y dicho enfriamiento, que continuará aumentando conforme avancen los meses, generará un



proceso de mezcla en el embalse, hasta que vuelva a encontrarse prácticamente mezclado, que en este caso en particular sería a partir del mes de diciembre.

También se puede observar en las gráficas que a partir del mes de junio hasta noviembre la concentración de oxígeno disuelto en el hipolimnion es cero. El hecho de que el hipolimnion se encuentre en condiciones de anoxia tiene una serie de consecuencias entre las que se pueden destacar transformaciones en las características fisicoquímicas (liberación de compuestos como el amonio y el sulfhídrico), así como también procesos de acidificación, lo que puede tener como consecuencias la solubilización del fósforo inmovilizado en los sedimentos, y la solubilización de algunos metales. El peor momento se puede dar al final del verano, cuando se produce la mezcla, ya que los compuestos que se encontraban en el hipolimnion pueden pasar a toda la columna de agua, con el consiguiente riesgo para peces u otras especies que habiten el embalse.

En cuanto al resto de parámetros, y en el caso de la CE, se ha observado cómo el verano de 2010 ha seguido un patrón totalmente distinto al observado en el verano de 2011 y el de 2012, ya que en el primero, los valores máximos de conductividad eléctrica tuvieron lugar en el epilimnion, y los mínimos en el metalimnion, a diferencia de lo ocurrido en los siguientes años. Probablemente, la mineralización en el caso del año 2010 fue menor que en los años posteriores, debido a que el volumen almacenado ese año era mayor que en años posteriores

En el caso de la Clorofila a, en los años 2010 y 2012 sigue un mismo patrón, que no se da en el año 2011, ya que tal y como se ha descrito en apartados anteriores, éste sufre un importante episodio de crecimiento masivo de cianobacterias filamentosas (*Planktothrix rubescens*). Es en el mes de marzo cuando se observa el máximo superficial alcanzado de la concentración de Clorofila a, y en los meses posteriores continúa la sedimentación en el perfil vertical, descendiendo la abundancia de Clorofila a en superficie y aumentando ésta en el resto de cotas. Este proceso permaneció hasta el mes de junio de 2011, cuando comenzó el proceso de sedimentación en el perfil vertical de la biomasa de cianobacterias que, desde febrero, había formado el “*Bloom*” superficial. Este proceso duró hasta finales



de agosto, momento en el cual la concentración de Clorofila a se estabiliza en toda la columna de agua en valores inferiores a los 1 mg/m^3 .

En cuanto a la evolución del pH en el embalse durante el periodo estudiado, y debido a la falta de datos del año 2012, se puede decir el año 2010 muestra una clara estratificación, cuyo máximo valor de pH se sitúa en la superficie del embalse, manteniéndose prácticamente constante en los primeros 10 metros de espesor, alrededor de 8,3 ud pH, alcanzando el metalimnion, a partir del cual va disminuyendo con la profundidad hasta mantenerse constante en la zona del hipolimnion, con un valor de 7,6 ud pH. En el año 2011, a medida que comienza la estratificación y el fondo del embalse comenzaba a quedarse anóxico el pH desciende en las zonas anóxicas, lo que es consecuente con lo esperado, observándose en el mes de julio un brusco descenso de los valores en todo el perfil, aunque se mantiene el gradiente observado entre las zonas óxicas superficiales más básicas y las anóxicas más ácidas.

Finalmente, del análisis de momentos temporales concretos, tal y como se ha detallado en el apartado 4.4, se han observado diferencias en cuanto a la evolución de los parámetros, dependiendo del momento del día observados, siendo los más relevantes los correspondientes a la concentración de oxígeno disuelto, con variaciones entre el día y la noche más elevadas.



5. METODOLOGÍA.

5.1.- Definición concepto de extracción selectiva.

La capacidad de extracción selectiva a menudo puede proporcionar la flexibilidad operativa para responder a las demandas de calidad de agua tanto en el embalse como aguas abajo. La hidrodinámica asociada a las extracciones del embalse proporciona un importante vínculo entre la calidad del agua y la estrategia de gestión de embalses.

La extracción selectiva es un proceso de transporte que tiene que ver con la estructura térmica y la calidad del agua. Este fenómeno está en función, entre otras, de la posición y tamaño de las compuertas para generación de energía y de ello dependerá el tipo de agua que será evacuada del embalse, y por lo tanto, la calidad del agua que permanecerá en ella. Dependiendo de la temperatura del agua del embalse, y de algunos procesos climáticos se presentarán flujos verticales y horizontales de la masa de agua, movimientos que igualmente afectarán los procesos físico-químicos y biológicos.

En el proceso de extracción selectiva se inhibe el movimiento vertical de la columna de agua y se impide la mezcla a gran escala pero se permite el flujo horizontal (Imberger y Patterson (1990)). En general, la extracción de agua se hace por un orificio ubicado en la presa al final de los embalses, a una distancia determinada del fondo. La posición de la captación, la estratificación del cuerpo de agua y el caudal evacuado determinarán la zona de extracción y el tipo de agua que saldrá del embalse.

- Análisis del Proceso de extracción.

Han sido propuestos numerosos métodos para determinar la extensión de la zona de extracción y las distribuciones de velocidad resultantes.

El mejor modelo, aplicado a una serie de embalses en el Valle Tennessee, calcula el espesor de la zona de extracción (Δh) por encima y por debajo de la altura de la toma (*Hydrodynamics and Transport for Water Quality Modeling, James L. Martin y Steven C. Mc Cutcheon*).



$$\Delta h = c_w \sqrt{Q_{out}} \quad (1)$$

donde

Q_{out} = caudal de salida

c_w = coeficiente de viscosidad

Se asume una distribución de flujo triangular o Gaussiano para distribuir flujos dentro de la zona de extracción (Bender et al. 1990)

Tal y como se ha descrito anteriormente, uno de los modelos comúnmente usados para la estimación de las extracciones en embalses es el modelo SELECT (Davis et al. 1987) de la U.S. Army Corps of Engineers. Cuando se utiliza como un programa independiente, SELECT calcula la distribución vertical de del flujo de salida y las concentraciones de los componentes de calidad del agua de extracción, basada en la configuración de salida y la profundidad y la velocidad de descarga (Stefan et al. 1989).

SELECT está también implementado como subrutinas en la mayoría de los modelos de embalses, como el modelo unidimensional de embalses de la U.S. Army Corps of Engineers , CE-QUAL-R1 (Cole and Buchal, 1995).

Bohan y Grace (1973) desarrollaron ecuaciones para el cálculo de los límites teóricos de extracción, los cuales fueron modificados por Smith et al. (1985) para incluir el ángulo de extracción como:

$$\frac{Q}{Z^3 N} = \frac{\theta}{\pi} \quad (2)$$

donde

Q = caudal

Z = distancia desde el eje de la captación al límite superior e inferior de la zona de extracción (b o D' en la Figura 32).

θ = ángulo de captación (en radianes)

N = frecuencia boyante expresada como

$$N = \sqrt{\frac{\Delta\rho g}{\rho Z}} \quad (3)$$

donde

$\Delta\rho$ = diferencia entre las densidades del límite superior o inferior de la zona de extracción y el eje de captación.

ρ = densidad en el eje de captación (Kg m^{-3})

donde

$$\Delta\rho = \rho (\text{límite superior}) - \rho (\text{puerto de extracción})$$

o

$$\Delta\rho = \rho (\text{puerto de extracción}) - \rho (\text{límite inferior})$$

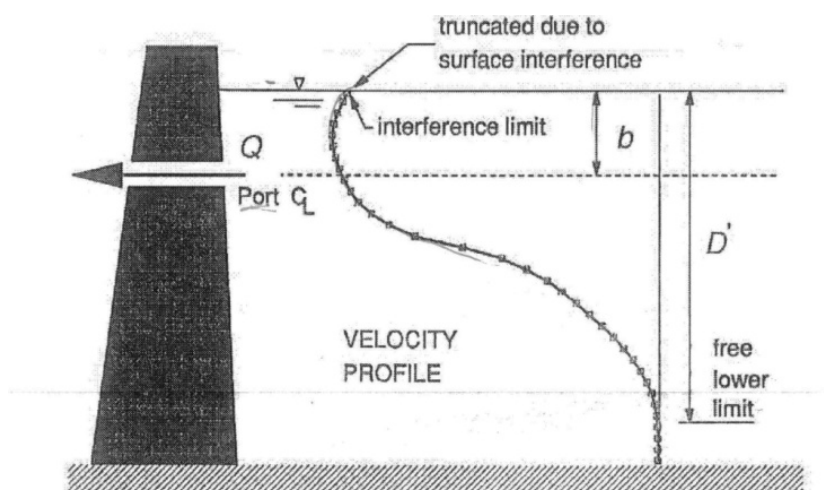


Figura 32. Definición de las características de extracción (Davis et al. 1987)



Para resolver la ecuación (2), se debe conocer la elevación de la superficie de agua, del fondo y del eje de captación, así como el perfil de densidades, y la ecuación debe resolverse de forma iterativa, ya que la densidad es función de la distancia desde el eje de captación Z . Las ecuaciones (2) y (3), son aplicables si la zona de extracción no está interferida por el fondo o la superficie.

Igualar a cero la ecuación (2) siendo:

$$Q - \frac{Z^3 N \theta}{\pi} = 0 \quad (4)$$

1. Comprobar para ver si interfiere el hecho de usar primero un valor de Z igual a la distancia desde la línea central del puerto a la superficie. Estimar la densidad de la línea del puerto de extracción y de la superficie del agua y sustituir los valores en la ecuación (4). Si la solución es distinta de cero y positiva, la interferencia superficial existe. Asimismo substituir la distancia de la línea central del puerto inferior, con la densidad en el fondo del depósito y determinar si existe una interferencia menor.
2. Si las dos evaluaciones del punto 2 resultan negativas, la zona de extracción se forma libremente en el embalse. El límite de la zona de extracción superior (la zona sobre el puerto) puede ser determinada usando estimaciones iterativas de valores de Z y de la densidad de la altura Z sobre la línea central hasta que la ecuación (4) tienda a cero dentro de alguna tolerancia.
3. Si interfiere la superficie o la parte inferior, puede ser determinado el límite de extracción teórico. Este límite es calculado usando valores de Z calculados usando alturas sobre la superficie del agua o la parte inferior del embalse. Sin embargo, esta solución requiere una estimación de la densidad para zonas fuera de los límites del embalse. David et al. (1987) estimaron estas densidades por interpolación lineal usando la densidad en la línea central del puerto y la densidad en la parte superficie o inferior del depósito.



Cuando la zona de extracción experimenta interferencia con uno de los bordes, Smith et al. (1985) propusieron una extensión de la ecuación (2) para estimar el límite de la capa que se forma libremente:

$$\frac{Q}{D'^3 N} = \frac{0.125 \phi}{X^3} \frac{\theta}{\pi} \quad (5)$$

donde

$$\phi = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{1}{\pi} \sin \left(\frac{\frac{b}{D'} \pi}{1 - \frac{b}{D'}} \right) + \frac{\frac{b}{D'}}{1 - \frac{b}{D'}} \right] \quad (6)$$

$$X = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{\frac{b}{D'}}{1 - \frac{b}{D'}} \right] \quad (7)$$

donde

b= es la distancia desde el eje de la captación al borde de interferencia.

D'= es la distancia entre el límite libre de la zona de extracción y el borde de interferencia (Figura 32).

El valor de N sería:

$$N = \sqrt{\frac{\Delta \rho}{\rho} \frac{g}{D'}} \quad (8)$$

donde

$\Delta \rho$ es la diferencia entre las densidades del borde con interferencia y el límite libre de la zona de extracción.

donde

$$\Delta \rho = \rho \text{ (capa superior)} - \rho \text{ (límite libre)}$$



o

$$\Delta\rho = \rho \text{ (límite superior libre)} - \rho \text{ (capa inferior)}$$

Una vez están establecidos los límites de extracción, la velocidad de distribución puede ser determinada.

Para estimar el perfil de velocidad dentro de los límites de extracción, el embalse es dividido en capas y la densidad se determina en el centro de cada capa. Los cálculos de la distribución vertical de la velocidad están basados en una estimación de la localización de la máxima velocidad, la cual puede ser obtenida a partir de:

$$Y_L = H \left[\sin \left(1.57 \frac{Z_L}{H} \right) \right]^2 \quad (9)$$

donde

Y_L = distancia desde el límite más bajo de elevación del máximo de velocidad (Figura 33)

H = distancia vertical entre los límites de extracción superior e inferior

Z_L = distancia vertical entre la línea del puerto de extracción y el límite inferior de extracción.

Donde existen interferencias, son usados los límites teóricos de extracción, los cuales quizá estén por encima de la superficie del agua o debajo del fondo del embalse.

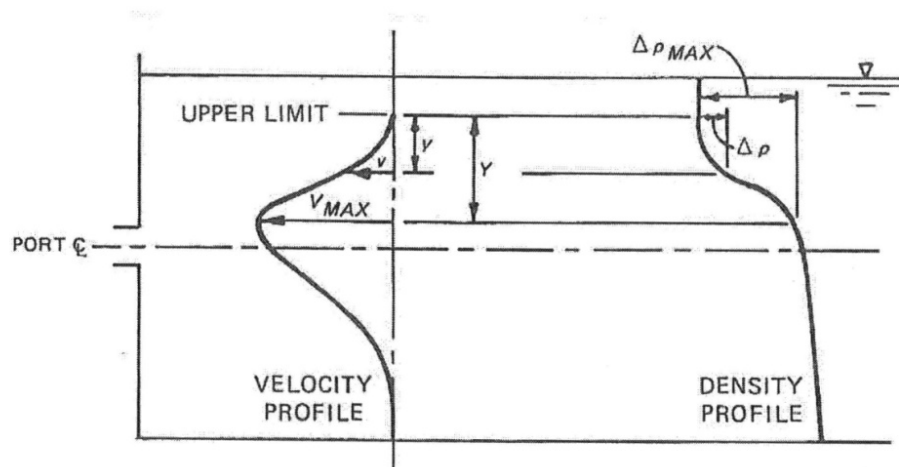


Figura 33. Definición esquemática de las variables par el cálculo de los perfiles de velocidad.
(from Davis et al. 1987)

Una vez está localizada la máxima velocidad, puede ser determinada la velocidad en cada una de las capas a partir de:

$$V_N(I) = 1 - \left(\frac{y(I)}{Y} \frac{\Delta p(I)}{\Delta p_{MAX}} \right)^2 \quad (10)$$

para el caso de que exista zonas de extracción con interferencia o no

$$V_N(I) = \left(1 - \frac{y(I)}{Y} \frac{\Delta p(I)}{\Delta p_{MAX}} \right)^2 \quad (11)$$

donde

V_N = velocidad normalizada ($V(I)/V_{max}$)

$y(I)$ = distancia vertical de elevación de la máxima velocidad del centro de la capa I

Y = distancia vertical de elevación de la máxima velocidad del límite superior o inferior de extracción

$\Delta\rho$ = diferencia de densidad entre la altura de la velocidad máxima y la línea central de la capa I



$A\rho_{MAX}$ = diferencia de densidad entre el punto de máxima velocidad y los límites de extracción superior e inferior.

Una vez es conocida la velocidad de distribución, el caudal en cada capa (I) puede ser estimado:

$$Q(I) = \frac{V_N(I)}{\sum_{I=1}^N V_N(I)} Q_T \quad (12)$$

donde

Q_T = velocidad total de liberación

La calidad de liberación puede ser determinada a partir de una media simple del flujo ponderado

$$CR = \frac{Q(I)C(I)}{\sum_{I=1}^N Q(I)} \quad (13)$$

C_R = concentración de los constituyentes de calidad del agua de extracción

$C(I)$ = concentración en cada capa

La localización y la distribución de las zonas de extracción varían con el grado de estratificación y la tasa de extracción, la cual afecta sucesivamente a la calidad del agua de extracción.

El presente método descrito anteriormente fue diseñado para estimar las zonas de extracción asociadas con un punto de descarga sumergida, donde el tamaño del puerto de extracción es pequeño en relación con el espesor de la zona de extracción.

Grace (1971), también desarrolló fórmulas para calcular los límites de extracción desde las descargas superficiales sobre la presa, basados en la densimetría del número interno de Froude. Para descargas por encima de la presa, los límites de extracción se describen:



$$F_r = \frac{uH_w}{\sqrt{g \frac{\Delta p}{\rho} (Z+H_w)^3}} = C-D \frac{H_w}{Z+H_w} \quad (14)$$

donde

U = velocidad media en la zona de extracción

$\Delta\rho$ = diferencia de densidad entre la cresta de la presa y el límite inferior de extracción

ρ = densidad en la cresta

H_w = altura por encima de la cresta de la presa

Z = distancia entre la altura de la cresta y el límite inferior de extracción.

g = aceleración gravitacional

C y D son constantes, donde:

$$C = 0.54 \text{ and } D = 0 \text{ for } \frac{Z+H_w}{H_w} \geq 2.0$$

$$C = 0.78 \text{ and } D = 0.70 \text{ for } \frac{Z+H_w}{H_w} < 2.0 \quad (15)$$

$$0 = u - C \frac{Z+H_w}{H_w} \sqrt{g \frac{\Delta p}{\rho} (Z+H_w)} + D \sqrt{g \frac{\Delta p}{\rho} (Z+H_w)} \quad (16)$$



5.2- Consideraciones teóricas y descripción de la herramienta.

Uno de los principales problemas a los que se enfrentan los responsables de la explotación de un embalse, es la operación diaria o a corto plazo que han de realizar mediante una estructura de extracción selectiva para obtener una calidad del agua en cumplimiento a la normativa específica para el uso al que será destinada.

La decisión operativa identificará por qué puertos se deberá extraer el agua, así como la distribución asociada de flujo entre ellos.

Esta decisión dependerá de los objetivos de calidad del agua de extracción, de las condiciones de calidad del agua en el embalse, la descarga total, y las limitaciones hidráulicas de la estructura de salida.

La selección de la estructura de extracción sujeta a un solo objetivo de calidad del agua en general, es un problema tratable. Sin embargo, cuando se identifican múltiples objetivos de calidad del agua, la operación apropiada no puede ser fácilmente identificada, lo que requiere de un modelo de apoyo a decisiones más sofisticado.

Se han realizado importantes investigaciones sobre las características de la extracción de un embalse estratificado. El resultado de este trabajo dentro de la CE es un modelo numérico llamado SELECT, que es un modelo unidimensional, en estado estacionario de extracción de un embalse estratificado. SELECT⁵ Versión 1.0 Beta ha sido diseñado para reproducir el procedimiento de cálculo utilizado por SELECT. Calcula la distribución vertical de la extracción de un puerto de salida en base a un perfil de densidad especificada por el usuario (normalmente de entrada como la temperatura). Los límites de extracción se determinan a partir de relaciones de escala empíricamente desarrollados (número de Froude) para puntos y líneas sumideros. La aprobación de la gestión, la geometría puerto de salida, y la fuerza de la estratificación son necesarias para estimar los límites de retiro.

⁵ Nota: En la versión 1.0 Beta SELECT, la salida debe ser conceptualizada como un puerto (punto de destino). Otros puntos de extracción, tales como aliviaderos o sumideros de línea, no se han incluido en los algoritmos computacionales.



El programa SELECT (Davis, J. E., Holland, J. P., Schneider, M. L., and Wilhelms, S. C., 1987, "SELECT: A numerical one-dimensional model for selective withdrawal," Instruction Report E-87-2, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS) desarrollado por el USACE, es un programa implantado en hoja de cálculo, el cual permite a partir de los perfiles de temperatura y otros constituyentes como el oxígeno disuelto, el pH, la conductividad eléctrica y la clorofila a; así como de la información de las instalaciones de desagüe, obtener la calidad del agua de salida del embalse y estimar la zona del embalse afectada por el proceso de extracción. A partir de estos perfiles, el modelo calcula el perfil de densidad del agua que le permite estimar la zona de extracción en función de los caudales, definidos por el usuario, que se extraen de cada toma.

La herramienta SELECT está destinada a proporcionar al usuario una estimación de la calidad del agua de extracción de un embalse a través de una estructura estratificada con los puertos de extracción.

El usuario debe suministrar el modelo de hoja de cálculo con los perfiles de calidad del agua del embalse, la elevación del puerto de salida y de descarga.

Para utilizar correctamente este modelo de hoja de cálculo, el usuario debe introducir primero la información específica del proyecto correspondiente en las celdas resaltadas en la hoja de entrada:

- Parámetros de entrada

Esta es la puerta de entrada a tres áreas de datos proporcionada por el usuario de entrada: información general, información de salida, y los perfiles de calidad del agua.

➤ Información general

La siguiente información es requerida como información general de entrada:

- a. **Título** – Texto definido por el usuario que describe la aplicación actual (límite de unos 30 caracteres).



- b. **Día** – El día del mes (1-31) del perfil de entrada.
- c. **Mes** – El mes del perfil de entrada (1-12).
- d. **Año** – El año del perfil de entrada, con cuatro dígitos (Ej. 2010).
- e. **WSE** - volumen estabilidad embalse (cota lámina de agua en ese día).
- f. **LBE** – Elevación del fondo del embalse.
- g. **Gravedad** - (aceleración de la gravedad 9,81 m/sg)

La versión actual de esta hoja de cálculo está adaptada para introducir datos de temperatura y otros parámetros, siendo el total de hasta cuatro parámetros de calidad del agua, siendo el primer perfil a introducir el de la temperatura en grados centígrados

➤ Información de salida

Elevación del puerto: Se ha de introducir la altura de la línea central de puerto hasta un máximo de cinco puntos de extracción. La calidad del agua de extracción a través de múltiples puertos a la vez diferirá de la extraída a través de un solo puerto.

Flujo del puerto: Se introduce el caudal correspondiente a los puertos 1-5.

Ángulo de extracción del puerto: Se introduce el ángulo de extracción, se especifica en grados (0-360). Para la mayoría de las torres de salida un ángulo de retirada de 180 grados es apropiado debido a la obstrucción causada por la cara de la torre (Smith et al. 1987).

➤ Perfiles de calidad del agua

Se han de introducir los perfiles de calidad del agua de forma manual. Si existen los datos en un archivo ASCII fuera de la hoja de cálculo, puede ser importado para su uso con este modelo. El usuario encontrará las células activas localizadas en la sección de entrada de datos para los perfiles de calidad del agua. Los datos deben



ser introducidos al aumentar la profundidad, con un máximo de 50 entradas y un mínimo de 2 entradas.

La segunda columna debe contener las correspondientes temperaturas en grados centígrados en cada una de las profundidades muestreadas. Se requiere la temperatura para determinar la densidad correspondiente a cada profundidad. La densidad es únicamente una función de la temperatura en esta versión del modelo de hoja de cálculo

Se pueden introducir en esta sección de datos hasta cuatro componentes adicionales de calidad del agua. La etiqueta para cada columna de datos puede ser introducida por el usuario. Se ha de introducir el valor correspondiente de cada componente de la calidad del agua, para cada entrada de profundidad. Una "celda vacía" será tratada como un valor cero y se verá reflejado en las estimaciones de extracción de calidad del agua. Un valor constante para cada componente de la calidad del agua se asume por encima y por debajo de la observación más alta y la más baja. El valor de los parámetros de calidad del agua se supone que varía linealmente entre las observaciones.

A continuación se muestra un ejemplo de la tabla relativa a los perfiles de calidad que han de introducirse inicialmente.



Water Quality Profiles

Entry	Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
		TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
1	0	28,24	8,89	4,19	906,83	8,3
2	1	28,23	8,93	0,73	906,93	8,3
3	2	28,22	8,89	1,22	907,04	8,3
4	3	28,22	8,89	0,99	907,04	8,3
5	4	28,22	8,89	1,1	907,05	8,3
6	5	28,22	8,9	1,09	907,15	8,3
7	6	28,18	8,86	1,02	907,72	8,28
8	7	26,87	10,25	1,9	906,71	8,25
9	8	25,23	11,89	2,24	908,2	8,22
10	9	23,47	12,57	2,63	907,94	8,22
11	10	19,76	11,82	3,13	907,52	8,21
12	11	17,97	10,92	2,62	905,67	8,19
13	12	16,51	10,06	2,13	909,16	8,19
14	13	15,09	9,01	1,98	914	8,13
15	14	13,02	6,76	1,82	919,15	8,02
16	15	11,6	4,65	1,63	922,73	7,97
17	16	10,81	3,7	1,37	921,07	7,93
18	17	10,52	3,02	1,25	923,53	7,89
19	18	10,26	1,94	1,12	921,86	7,83
20	19	10,13	1,41	1,09	922,04	7,81
21	20	10,07	0,93	1,1	923,39	7,75
22	21	10,06	0,62	1,31	923,61	7,73
23	22	10	0,5	1,12	922,47	7,73
24	23	9,98	0,4	1,13	922,6	7,73
25	24	9,98	0,35	1,14	922,53	7,73
26	25	9,98	0,36	1,25	920,08	7,73
27	26	9,98	0,37	1,21	918,46	7,75
28	27	9,97	0,31	1,15	917,59	7,73
29	29	9,96	0,25	1,21	917,55	7,75
30	32	9,96	0,21	1,18	917,53	7,75

Tabla 10. Perfiles de calidad de entrada.

Cuando la información general, información de salida, y los perfiles de calidad del agua se han introducido, la hoja de cálculo calcula automáticamente los resultados. Estos se pueden encontrar en la hoja de cálculo de salida. La información general que se ha introducido en la hoja de datos de entrada se repite en la hoja de cálculo de salida, incluyendo el título, fecha, Outlet y operaciones de información.

Una vez introducidos estos datos, la hoja de cálculo actualiza automáticamente las estimaciones de la calidad del agua de extracción. Los resultados de estas operaciones se pueden visualizar en forma de tabla o gráfico.

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

DENSITY(g/ml)	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0,99929	13,52	5,81	3,3	934,9	7,8

Tabla 11. Resultados obtenidos de los parámetros de calidad del agua extraída.

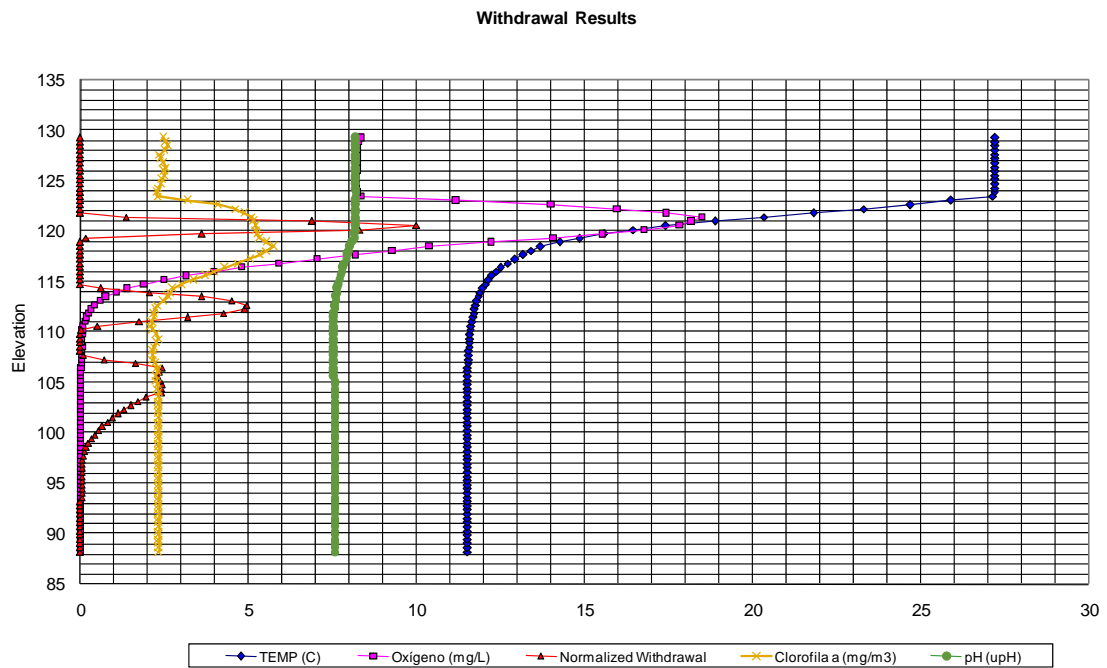


Figura 32. Gráfico relativo a los perfiles de los parámetros de calidad del agua extraída.



5.3.- Desarrollo de la herramienta para la situación y optimización de las extracciones.

En este apartado se describe la herramienta informática que se ha desarrollado para optimizar las sueltas del embalse de Amadorio con criterios de obtener la mejor calidad del agua posible.

Como se ha mencionado previamente, la herramienta utilizada, para estimar la calidad del agua de salida, SELECT está desarrollada en hoja de cálculo Excel. Por ello el modelo desarrollado ha sido programado en el lenguaje Visual Basic para Aplicaciones (VBA)⁶.

La metodología de optimización considerada ha sido el desarrollo de un método de Monte Carlo junto con un análisis posterior manual de los resultados de las simulaciones múltiples.

A continuación se explican los detalles del trabajo realizado en este aspecto.

1. Se ha modificado la pestaña de “output” de la hoja de cálculo SELECT, a efectos de que pueda servir para definir las simulaciones y almacenar los resultados de las simulaciones múltiples.
2. Se asume que el número de puertos disponibles es de seis. En los casos en que, debido a que la cota de agua del embalse no se pueda hacer el uso de alguno de ellos se corrige este problema inutilizando el puerto correspondiente.
3. Se fija un caudal objetivo. Este caudal se estima en función del caudal que se extrajo del embalse en la época que se esté analizando.

Cada iteración consiste en:

- Definir una posible combinación de uso de puertos (tomas de la multitoma), de tal forma que la cantidad de agua extraída sume el caudal objetivo. Esta combinación de caudales se fija en unas celdas de la pestaña output. Las celdas en donde se

⁶ Anejo 3. Código VBA.



definían estos valores de la pestaña “input data” se ha cambiado su fórmula para que cojan los valores de las nuevas celdas definidas para el uso.

- Una vez que se definen esos valores se recalcula, por código, la hoja de cálculo entera.
- Una vez recalculada la hoja de cálculo los valores de las concentraciones de salida de agua de los diferentes constituyentes que se están modelando se copian y se guardan junto con los caudales que se han utilizado en cada puerto dentro de la matriz de resultados.

El lanzamiento de las simulaciones múltiples tiene dos partes: la primera es una combinación de puertos y la segunda es puramente el método de Monte Carlo.

La simulación de combinación de puertos consiste en probar todas las opciones posibles de extracción de agua entre los seis puertos asumiendo que se utilizan uno, dos, tres, cuatro, cinco o los seis puertos. En estas combinaciones se asume que los puertos que se utilizan extraen la misma cantidad de agua. Por ejemplo si se tiene que extraer $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en la combinación que se utilizan dos puertos cada uno extraería $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$. Estas simulaciones nos dan 97 posibles combinaciones (Tabla 11).

La simulación de Monte Carlo consiste en generar valores aleatorios para los seis puertos cumpliendo que la suma de todos ellos extraiga el caudal objetivo. En general se han hecho 100 simulaciones adicionales más. El valor de 100 se propuso tras realizar diferentes pruebas sobre cuantas simulaciones a realizar (Tabla 12).

Como se ha comentado previamente, de cada iteración realizada se guardan los datos de cuánta agua se había extraído por cada toma y las concentraciones de salida de los diferentes constituyentes. Con ello, para cada situación analizada se obtiene una matriz de resultados que posteriormente será analizada para definir qué posibilidades son las óptimas en cada situación (Tabla 13).



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Tabla 12. Resultados de las 97 combinaciones posibles de extracción de agua entre los

NumPruebas Sim	97					
Caudal Objetivo	0,5					
0	0,005208	0,118879	0,112092	0,1153	0,022269	0,126251
Puerto	0,010416	0,237757	0,224184	0,2306	0,044539	0,252503
1	1	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	0	1
7	0,5	0,5	0	0	0	0
8	0,5	0	0,5	0	0	0
9	0,5	0	0	0,5	0	0
10	0,5	0	0	0	0,5	0
11	0,5	0	0	0	0	0,5
12	0	0,5	0,5	0	0	0
13	0	0,5	0	0,5	0	0
14	0	0,5	0	0	0,5	0
15	0	0,5	0	0	0	0,5
16	0	0	0,5	0,5	0	0
17	0	0	0,5	0	0,5	0
18	0	0	0,5	0	0	0,5
19	0	0	0	0,5	0,5	0
20	0	0	0	0,5	0	0,5
21	0	0	0	0	0,5	0,5
22	0,333	0,333	0,333	0	0	0
23	0,333	0,333	0	0,3	0	0
24	0,333	0,333	0	0	0,3	0
25	0,333	0,333	0	0	0	0,333
26	0,333	0	0,333	0,333	0	0
27	0,333	0	0,333	0	0,333	0
28	0,333	0	0,333	0	0	0,333
29	0,333	0	0	0,333	0,333	0
30	0,333	0	0	0,333	0	0,333
31	0,333	0,333	0,333	0	0	0
32	0,333	0,333	0	0,333	0	0
33	0,333	0,333	0	0	0,333	0
34	0,333	0,333	0	0	0	0,333
35	0	0,333	0,333	0,333	0	0
36	0	0,333	0,333	0	0,3	0
37	0	0,333	0,333	0	0	0,333
38	0	0,333	0	0,333	0,333	0
39	0	0,333	0	0,333	0	0,333
40	0,333	0,333	0,333	0	0	0
41	0,333	0	0,333	0,333	0	0
42	0,333	0	0,333	0	0,333	0
43	0,333	0	0,333	0	0	0,333
44	0	0,333	0,333	0,333	0	0
45	0	0,333	0,333	0	0,333	0
46	0	0,333	0,333	0	0	0,333
47	0	0	0,333	0,333	0,333	0
48	0	0	0,333	0,333	0	0,333
49	0,333	0,333	0	0,333	0	0
50	0,333	0	0,333	0,333	0	0
51	0,333	0	0	0,333	0,333	0
52	0,333	0	0	0,333	0	0,333
53	0	0,333	0,333	0,333	0	0
54	0	0,333	0	0,333	0,333	0
55	0	0,333	0	0,333	0	0,333
56	0	0	0,333	0,333	0,333	0
57	0	0	0,333	0,333	0	0,333
58	0,333	0,333	0	0	0,333	0
59	0,333	0	0,333	0	0,333	0
60	0,333	0	0	0,333	0,333	0
61	0,333	0	0	0	0,333	0,333
62	0	0,333	0,333	0	0,333	0
63	0	0,333	0	0,333	0,333	0
64	0	0,333	0	0	0,333	0,333
65	0	0	0,333	0,333	0,333	0
66	0	0	0,333	0	0,333	0,333
67	0,333	0,333	0	0	0	0,333
68	0,333	0	0,333	0	0	0,333
69	0,333	0	0	0,333	0	0,333
70	0,333	0	0	0	0,333	0,333
71	0	0,333	0,333	0	0	0,333
72	0	0,333	0	0,333	0	0,333
73	0	0,333	0	0	0,333	0,333
74	0	0	0,333	0,333	0	0,333
75	0	0	0,333	0	0,333	0,333
76	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0
77	0,25	0,25	0,25	0	0,25	0
78	0,25	0,25	0,25	0	0	0,25
79	0,25	0,25	0	0,25	0	0,25
80	0,25	0,25	0	0,25	0,25	0
81	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25
82	0,25	0	0,25	0,25	0	0,25
83	0,25	0	0,25	0,25	0,25	0
84	0,25	0	0,25	0	0,25	0,25
85	0,25	0	0	0,25	0,25	0,25
86	0	0,25	0,25	0	0,25	0,25
87	0	0,25	0,25	0,25	0	0,25
88	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0
89	0	0,25	0	0,25	0,25	0,25
90	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25
91	0,2	0	0,2	0,2	0,2	0,2
92	0,2	0,2	0	0,2	0,2	0,2
93	0,2	0,2	0,2	0	0,2	0,2
94	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0,2
95	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
96	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
97	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

Alternativa	TEMP (C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)	Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6
						120,5	116,5	112,5	104,5	100,5	95,5
1	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
2	22,80	8,89	1,12	903,57	8,28	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	22,81	8,89	1,12	903,48	8,28	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
9	18,94	9,65	2,57	904,48	8,27	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
10	18,85	9,64	2,62	904,74	8,27	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00
11	18,85	9,64	2,62	904,74	8,27	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
12	18,85	9,64	2,62	904,74	8,27	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
23	18,93	9,65	2,58	904,50	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
24	19,06	9,60	2,54	904,65	8,27	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00	0,00
25	19,06	9,60	2,54	904,65	8,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,15	0,00
26	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17
27	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
28	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
29	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
30	17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00
31	17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17
32	18,93	9,65	2,58	904,50	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
33	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00
34	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00
35	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17
41	18,93	9,65	2,58	904,50	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
42	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
43	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
44	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
50	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00
51	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
52	17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00
53	17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17
59	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00
60	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
61	17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00
62	17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17
68	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17
69	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
70	17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

71
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
93
94
95
96



M
O
N
T
E
C
A
R
L
O

17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17
17,58	9,89	3,10	905,01	8,27	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00
17,58	9,89	3,10	905,01	8,27	0,13	0,13	0,13	0,00	0,13	0,00
17,58	9,89	3,10	905,01	8,27	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00	0,13
17,54	9,89	3,12	905,14	8,27	0,13	0,13	0,00	0,13	0,00	0,13
17,54	9,89	3,12	905,14	8,27	0,13	0,13	0,00	0,13	0,13	0,00
17,54	9,89	3,12	905,14	8,27	0,13	0,13	0,00	0,00	0,13	0,13
16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,13	0,00	0,13	0,13	0,00	0,13
16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,13	0,00	0,13	0,13	0,13	0,00
16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,13	0,00	0,13	0,00	0,13	0,13
16,88	10,01	3,38	905,36	8,27	0,13	0,00	0,00	0,13	0,13	0,13
16,88	10,01	3,37	905,35	8,27	0,10	0,10	0,00	0,10	0,10	0,10
16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10	0,10
16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10
16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
17,53	9,90	3,12	905,08	8,27	0,15	0,04	0,10	0,06	0,13	0,02
17,66	9,86	3,08	905,10	8,27	0,13	0,11	0,00	0,12	0,04	0,09
17,22	9,95	3,24	905,22	8,27	0,11	0,11	0,04	0,17	0,05	0,02
16,93	10,00	3,35	905,32	8,27	0,10	0,12	0,03	0,10	0,07	0,09
18,39	9,73	2,80	904,83	8,27	0,21	0,02	0,08	0,11	0,05	0,02
17,39	9,94	3,16	904,99	8,27	0,15	0,02	0,22	0,03	0,01	0,07
17,48	9,91	3,14	905,05	8,27	0,13	0,10	0,12	0,09	0,05	0,00
16,87	10,02	3,37	905,34	8,27	0,10	0,11	0,03	0,18	0,03	0,05
16,64	10,06	3,47	905,42	8,26	0,11	0,01	0,03	0,16	0,07	0,11
16,68	10,06	3,44	905,34	8,27	0,09	0,09	0,10	0,10	0,08	0,03
17,12	9,98	3,28	905,18	8,27	0,11	0,11	0,11	0,05	0,08	0,03
16,85	10,02	3,38	905,34	8,27	0,11	0,04	0,05	0,10	0,04	0,16
16,60	10,07	3,48	905,39	8,26	0,08	0,11	0,07	0,12	0,08	0,03
16,76	10,05	3,41	905,30	8,27	0,06	0,23	0,08	0,03	0,02	0,08
18,20	9,78	2,86	904,81	8,27	0,16	0,12	0,12	0,01	0,01	0,08
17,09	9,99	3,29	905,17	8,27	0,12	0,07	0,14	0,04	0,02	0,12
16,76	10,04	3,42	905,37	8,26	0,09	0,13	0,04	0,03	0,14	0,07
16,97	10,01	3,33	905,22	8,27	0,10	0,11	0,11	0,08	0,06	0,04
17,91	9,82	2,98	904,99	8,27	0,16	0,07	0,06	0,11	0,02	0,08
17,94	9,82	2,96	904,92	8,27	0,13	0,16	0,10	0,05	0,06	0,01
17,09	9,98	3,29	905,21	8,27	0,13	0,04	0,11	0,06	0,16	0,01
16,79	10,03	3,41	905,37	8,26	0,11	0,03	0,04	0,12	0,11	0,10
16,64	10,06	3,46	905,39	8,26	0,08	0,13	0,06	0,05	0,10	0,08



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

16,64	10,07	3,46	905,32	8,27	0,09	0,06	0,14	0,06	0,10	0,05
17,75	9,85	3,04	905,06	8,27	0,16	0,06	0,03	0,07	0,08	0,10
17,75	9,85	3,04	905,04	8,27	0,14	0,12	0,06	0,08	0,00	0,11
16,87	10,03	3,37	905,27	8,27	0,11	0,05	0,12	0,12	0,07	0,04
17,86	9,83	3,00	905,04	8,27	0,18	0,03	0,01	0,09	0,13	0,07
16,69	10,05	3,44	905,40	8,26	0,07	0,18	0,02	0,01	0,05	0,16
16,59	10,09	3,47	905,31	8,27	0,09	0,08	0,15	0,11	0,07	0,00
17,43	9,91	3,16	905,13	8,27	0,12	0,14	0,06	0,02	0,10	0,06
17,54	9,89	3,12	905,13	8,27	0,15	0,04	0,04	0,04	0,14	0,08
17,09	9,97	3,29	905,28	8,27	0,10	0,15	0,00	0,02	0,10	0,13
16,80	10,04	3,40	905,30	8,27	0,11	0,05	0,11	0,01	0,14	0,08
17,40	9,92	3,17	905,12	8,27	0,11	0,15	0,08	0,13	0,00	0,03
17,53	9,92	3,11	904,93	8,27	0,11	0,15	0,18	0,02	0,02	0,02
18,08	9,78	2,92	904,96	8,27	0,13	0,16	0,00	0,06	0,02	0,12
17,17	9,96	3,26	905,24	8,27	0,12	0,09	0,05	0,04	0,10	0,11
17,02	9,99	3,32	905,30	8,27	0,11	0,09	0,03	0,09	0,12	0,06
18,20	9,77	2,87	904,85	8,27	0,18	0,05	0,11	0,05	0,03	0,07
17,13	9,97	3,28	905,23	8,27	0,13	0,02	0,08	0,10	0,09	0,08
17,28	9,94	3,22	905,17	8,27	0,11	0,13	0,07	0,04	0,08	0,07
16,81	10,04	3,39	905,28	8,27	0,09	0,13	0,11	0,07	0,00	0,10

Tabla 13. Resultado alternativas tras las simulaciones.



6. ANÁLISIS DE SITUACIONES

La eutrofización del embalse, los ciclos de estratificación térmica y las instalaciones de toma actuales han producido problemas continuados, sobre todo en los meses de verano, en cuanto a una deficiente calidad del agua de salida del embalse. Para resolver este problema se dispone de una infraestructura multitoma, tal y como se ha descrito en apartados anteriores, que permite extraer agua a diferentes profundidades y así mejorar la calidad del agua de salida.

Debido a que los perfiles de los diferentes constituyentes son diferentes y en algunos momentos contrarios en cuanto a las concentraciones óptimas para el abastecimiento, surge la necesidad de establecer unos criterios para la gestión de la multitoma teniendo en consideración todos ellos, a efectos de cumplir con los objetivos de calidad de las aguas para todos los parámetros. Ello se podrá llevar a cabo gracias al uso de la herramienta SELECT.

6.1.- Gestión en tiempo real.

Como se ha podido demostrar en estudios anteriores, al establecer una regla de gestión, existen algunos meses, sobre todo a principio del verano, en los que, si se quiere obtener la mejor calidad del agua de salida se debe acudir a herramientas que permitan realizar un análisis “a escala de tiempo real” teniendo en cuenta el perfil de concentraciones a lo largo de la columna de agua en cada momento.

Tal y como se ha descrito en el apartado 5, una vez introducidos los datos input en la hoja Excel, se realiza el lanzamiento de las simulaciones múltiples, obteniendo todas las alternativas posibles de extracción de agua entre los seis puertos, así como las concentraciones de salida de cada constituyente, y a su vez una matriz de resultados que será la que posteriormente sea analizada para definir qué posibilidades son las óptimas en cada situación.



En particular en este trabajo, y a efectos de optimizar la selección, se establece a priori un condicionante a cumplir por los constituyentes Oxígeno disuelto y Clorofila a, de forma que permite analizar por separado aquellas alternativas que proporcionan una óptima calidad del agua de las que no, siendo el condicionante a cumplir el siguiente:

$$[\text{OD}] > 5,5 \text{ mg/L} \text{ y } [\text{Clorofila a}] < 3,5 \text{ mg/m}^3$$

Una vez se ha establecida dicha condición, se analizan cada una de las alternativas y se escogen aquellas que cumpliendo el condicionante respecto a la concentración óptima de OD y Cl a, cumplan también los rangos óptimos de calidad establecidos para el resto de los constituyentes en mayor medida.

La tabla que se muestra a continuación recoge los valores exigibles a las aguas prepotables destinadas, según el RAPAPH.

Parámetro.	Unidad.	Tipo A2.
Conductividad a 20°C.	μS/cm.	(1000)
Oxígeno disuelto.	% sat.	(>50)
pH	udpH	5,5-9
Temperatura	°C	25

Tabla 14. Valores exigibles a las aguas prepotables destinadas al abastecimiento.

Fuente: RAPAPH. Anexo I.

Tal y como se ha descrito anteriormente, una vez seleccionadas aquellas alternativas óptimas de extracción, se analizarán a efectos de escoger aquellas que proporcionen un agua con mejor calidad, y para ello se escoge un rango óptimo para cada uno de los constituyentes.



A efectos de conocer los rangos óptimos de las concentraciones de los parámetros anteriormente indicados, previos al tratamiento de potabilización, y tras haber realizado la consulta a responsables técnicos de AGUAS DE VALENCIA, estos han proporcionado aquellos que a criterio de experto⁷ resultan más eficaces:

Parámetro	Rango valores óptimos previo a la potabilización
OD	8-9 mg/l
pH	7-8 ud pH
T ^a	10-20°C
Cl a	1-2 mg/m ³
Conductividad eléctrica a 20° C	1.000 (μS/cm)

Tabla 15. Parámetros de calidad óptimos para aguas prepotables a la entrada de la potabilizadora, según criterio de experto.

Fuente: Técnicos responsables de AGUAS DE VALENCIA

Estos últimos valores de la tabla 15, serán los tenidos en cuenta a la hora de escoger las alternativas óptimas de extracción.

6.2.- Análisis temporal.

El embalse de Amadorio está destinado a abastecer las ciudades de Benidorm y Villajoyosa en situaciones extraordinarias especialmente en verano, cuando el aumento de población es muy grande, por lo que se han escogido para el análisis de extracciones las correspondientes a los meses de mayor consumo de agua, Junio, Julio y Agosto del período de estudio 2010-2012.

⁷ Criterio establecido por parte de técnicos responsables de procesos de potabilización de aguas (AGUAS DE VALENCIA).



En este apartado se exponen los resultados obtenidos tras la utilización de la herramienta SELECT, que serán analizados para definir qué posibilidades son las óptimas en cada situación.

Para el análisis temporal, se ha escogido de entre todos los días estudiados, el correspondiente al día 1 de junio de 2012, por ser éste uno de los días con mayores datos observados, y se ha analizado de una forma más pormenorizada cada uno de los momentos en los que hemos dividido el día (amanecer, mañana, tarde y noche).

Inicialmente, y tal y como se ha descrito en el apartado 5, se ha partido de la información general de entrada correspondiente al día 1 de Junio que ha sido la siguiente:

General Information

Example 2

01-jun-2012

Title	Example 2	Title of simulation (less than 30 characters)		
Day	1	Day (1-31)		
Month	6	Month (1-12)		
Year	2012	Year (4 digits)		
WSE	123,75	Water Surface Elevation		
LBE	88,00	Lake Bottom Elevation		
Units	9,81	English 32.2 or Metric 9.81		

A continuación, la versión de la hoja de cálculo con la se trabaja, ha sido adaptada para introducir datos de temperatura y otros parámetros, siendo el total de hasta cuatro parámetros de calidad del agua, y siendo el primer perfil a introducir en primer lugar el de la temperatura en grados centígrados. El resto de parámetros han sido oxígeno disuelto, Clorofila a, pH y conductividad eléctrica. Estos perfiles se corresponderán con los observados en el momento concreto del día que vayamos a analizar.

Una vez está introducida toda la información general, información de salida, y los perfiles de calidad del agua, la hoja de cálculo calcula automáticamente los resultados tras la aplicación del lanzamiento de las simulaciones múltiples, descrito en el apartado 5, y que consta de dos partes, una primera simulación de combinación de puertos, en la que se

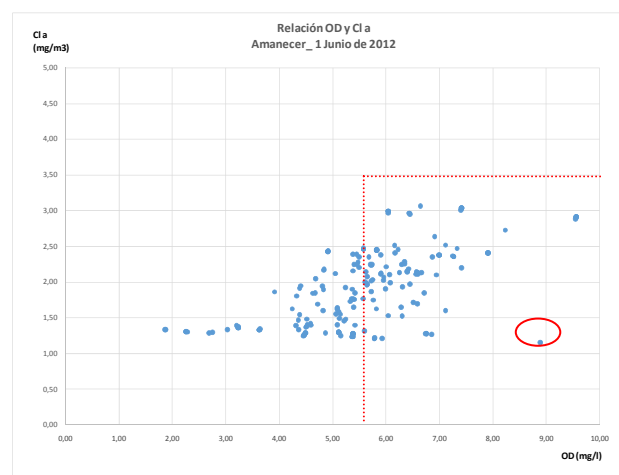


asume un caudal objetivo de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, y que como resultado se obtienen 97 posibles combinaciones; y una segunda parte basada en la aplicación del método de Monte Carlo, también descrito en el apartado 5, mediante el cual se generan 100 simulaciones adicionales más.

Finalmente, tras cada iteración realizada, se guardan los datos de cuánta agua se ha extraído por cada toma y las concentraciones de salida de los diferentes constituyentes y con ello, para cada situación analizada, se obtiene:

- Una matriz de resultados que posteriormente es analizada de forma manual y permite definir qué posibilidades son las óptimas en cada situación.
- Un gráfico que va a relacionar la concentración de Oxígeno disuelto y la de Clorofila a.

Previamente al análisis individualizado de cada momento del día, se procede al estudio y comparativa de los resultados obtenidos en cada uno de dichos momentos, a partir de los gráficos que relacionan el OD y la Cl a.



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

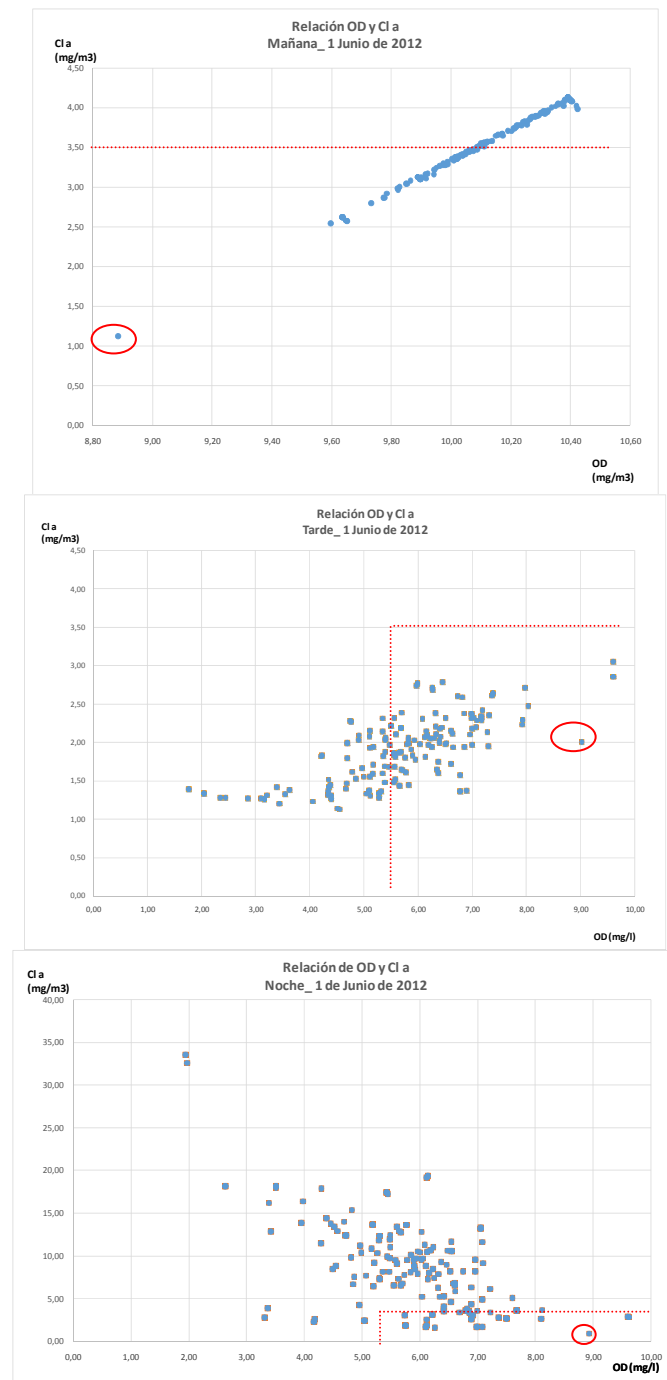


Figura 33. Relación entre oxígeno disuelto y Clorofila a , durante el amanecer, mañana, tarde y noche del 1 de Junio de 2012.

Tal y como puede observarse en los gráficos, y en función del condicionante óptimo a cumplir por estos parámetros, establecido a priori, en el que: [OD] > 5,5 mg/l y [Clorofila a

$] < 3,5 \text{ mg/m}^3$, se desprende que disponemos de múltiples alternativas que lo cumplen por regla general a lo largo del día, destacando el relativo a la tarde, en el que se puede apreciar que existen mayor número de alternativas, y siendo la noche el momento del día en el que existen menos opciones.

A continuación se van a analizar por separado cada uno de los momentos del día observados, con su correspondiente análisis de alternativas de extracción.

6.2.1- Análisis del amanecer.

Partiendo de los datos iniciales de entrada correspondientes al día 1 de Junio, y en concreto para este caso, de los perfiles de calidad correspondientes a los observados durante el amanecer, y tras el lanzamiento de simulaciones descrito anteriormente, se obtienen los resultados que se muestran a continuación en forma de gráficos y tablas.

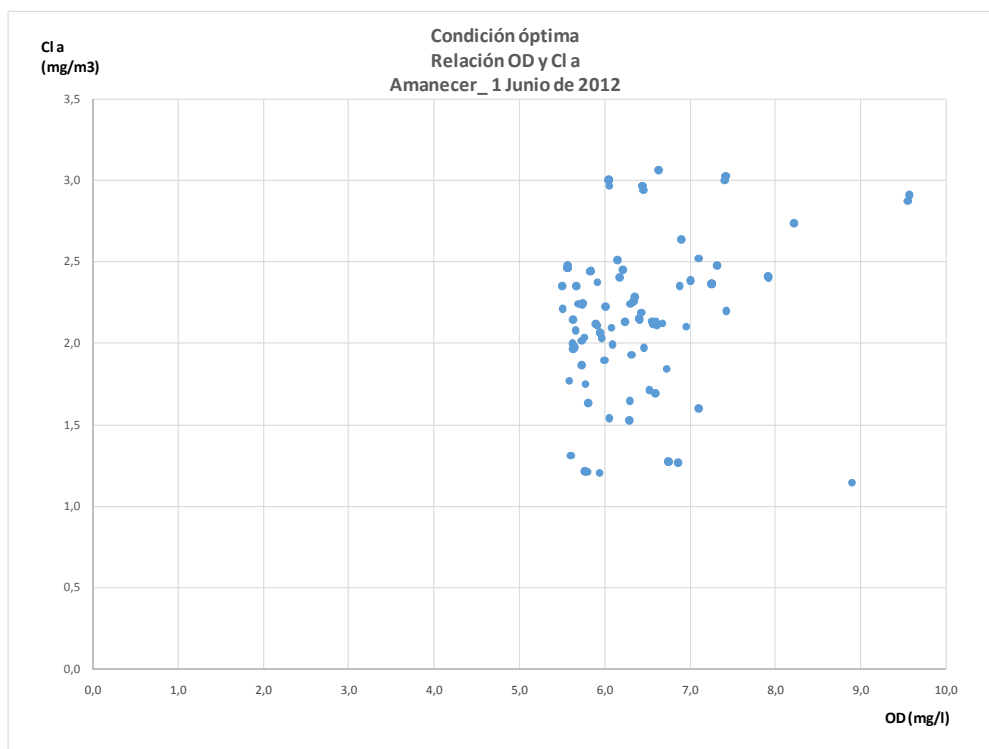


Figura 34. Alternativas óptimas en la relación entre la concentración de Clorofila a (mg/m^3) y el Oxígeno disuelto (mg/l).

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

El hecho de haber establecido a priori un condicionante para el cumplimiento de OD y Cl a, va a permitir obtener aquellas alternativas que representan la calidad óptima para todos los constituyentes a la vez, en la medida de lo posible.

La tabla siguiente, muestra la relación de las alternativas obtenidas, tanto las que cumplen el condicionado previo, identificadas con el número 1, como las que no que llevan el número 0.

Alternativa	TEMP (C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)	Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6	Condición
						120,5	116,5	112,5	104,5	100,5	95,5	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	22,68	8,90	1,15	903,71	8,27	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1
4	14,75	10,19	4,49	906,89	8,26	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0
5	10,09	4,58	1,41	916,93	7,95	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0
6	9,87	2,76	1,29	919,87	7,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0
7	9,81	1,89	1,33	921,42	7,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0
8	22,68	8,90	1,15	903,77	8,27	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	1
9	18,70	9,56	2,87	905,37	8,27	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	1
10	16,38	6,75	1,27	910,28	8,11	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	1
11	16,27	5,80	1,21	911,89	8,05	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	1
12	16,25	5,38	1,24	912,60	8,04	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0
13	14,72	10,22	4,60	906,97	8,26	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0
14	10,07	4,60	1,40	916,80	7,95	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0
15	9,86	2,70	1,28	920,02	7,83	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0
16	9,81	1,87	1,33	921,44	7,81	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0
17	12,40	7,41	3,00	911,88	8,10	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00	1
18	12,29	6,46	2,94	913,49	8,05	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00	1
19	12,27	6,05	2,97	914,20	8,03	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	1
20	9,97	3,65	1,34	918,41	7,89	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0
21	9,94	3,24	1,37	919,12	7,88	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0
22	9,84	2,28	1,31	920,73	7,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	0
23	18,69	9,57	2,90	905,41	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	1
24	16,70	6,87	1,26	909,90	8,12	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00	0,00	1
25	16,61	5,94	1,21	911,52	8,06	0,17	0,17	0,00	0,00	0,15	0,00	1
26	16,25	5,38	1,24	912,62	8,04	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17	0
27	15,82	7,92	2,40	909,18	8,16	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	1
28	15,75	7,26	2,36	910,30	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00	1
29	15,73	7,00	2,38	910,76	8,11	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17	1



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

30	14,20	5,39	1,27	913,53	8,02	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0
31	14,19	5,13	1,29	913,98	8,01	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17	0
32	18,69	9,57	2,90	905,41	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	1
33	16,37	6,76	1,27	910,25	8,11	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	1
34	16,27	5,78	1,21	911,94	8,05	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	1
35	16,25	5,38	1,24	912,62	8,04	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17	0
36	12,38	7,43	3,03	911,87	8,11	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	1
37	12,41	6,64	3,06	913,23	8,06	0,00	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00	1
38	12,26	6,05	3,00	914,24	8,03	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	1
39	9,96	3,64	1,33	918,40	7,89	0,00	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0
40	9,94	3,24	1,36	919,08	7,88	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0
41	18,69	9,57	2,90	905,41	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	1
42	15,82	7,92	2,40	909,18	8,16	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	1
43	15,75	7,26	2,36	910,30	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00	1
44	15,73	7,00	2,38	910,76	8,11	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17	1
45	12,38	7,43	3,03	911,87	8,11	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	1
46	12,28	6,45	2,97	913,56	8,04	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	1
47	12,26	6,05	3,00	914,24	8,03	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	1
48	11,54	5,84	2,44	914,61	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	1
49	11,53	5,57	2,46	915,06	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17	1
50	16,37	6,76	1,27	910,25	8,11	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	1
51	15,82	7,92	2,40	909,18	8,16	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	1
52	14,20	5,39	1,27	913,53	8,02	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0
53	14,19	5,13	1,29	913,98	8,01	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17	0
54	12,38	7,43	3,03	911,87	8,11	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	1
55	9,96	3,64	1,33	918,40	7,89	0,00	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0
56	9,94	3,24	1,36	919,08	7,88	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0
57	11,54	5,84	2,44	914,61	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	1
58	11,53	5,57	2,46	915,06	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17	1
59	16,27	5,78	1,21	911,94	8,05	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	1
60	15,75	7,26	2,36	910,30	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00	1
61	14,20	5,39	1,27	913,53	8,02	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0
62	14,12	4,47	1,25	915,11	7,97	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0
63	12,28	6,45	2,97	913,56	8,04	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	1
64	9,96	3,64	1,33	918,40	7,89	0,00	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0
65	9,84	2,26	1,30	920,77	7,82	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0
66	11,54	5,84	2,44	914,61	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	1
67	11,46	4,92	2,42	916,19	7,97	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17	0,17	0
68	16,25	5,38	1,24	912,62	8,04	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17	0
69	15,73	7,00	2,38	910,76	8,11	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17	1



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

70	14,19	5,13	1,29	913,98	8,01	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17	0
71	14,12	4,47	1,25	915,11	7,97	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0
72	12,26	6,05	3,00	914,24	8,03	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	1
73	9,94	3,24	1,36	919,08	7,88	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0
74	9,84	2,26	1,30	920,77	7,82	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0
75	11,53	5,57	2,46	915,06	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17	1
76	11,46	4,92	2,42	916,19	7,97	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17	0,17	0
77	15,81	7,92	2,41	909,16	8,16	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00	1
78	15,75	7,26	2,37	910,32	8,12	0,13	0,13	0,13	0,00	0,13	0,00	1
79	15,73	7,00	2,39	910,77	8,11	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00	0,13	1
80	14,18	5,13	1,29	913,96	8,01	0,13	0,13	0,00	0,13	0,00	0,13	0
81	14,20	5,38	1,27	913,52	8,02	0,13	0,13	0,00	0,13	0,13	0,00	0
82	14,12	4,47	1,25	915,13	7,97	0,13	0,13	0,00	0,00	0,13	0,13	0
83	14,31	6,41	2,14	912,23	8,07	0,13	0,00	0,13	0,13	0,00	0,13	1
84	14,33	6,60	2,12	911,90	8,08	0,13	0,00	0,13	0,13	0,13	0,00	1
85	14,26	5,91	2,11	913,11	8,04	0,13	0,00	0,13	0,00	0,13	0,13	1
86	13,10	4,50	1,28	915,50	7,97	0,13	0,00	0,00	0,13	0,13	0,13	0
87	11,46	4,92	2,43	916,21	7,97	0,00	0,13	0,13	0,00	0,13	0,13	0
88	11,52	5,58	2,47	915,04	8,01	0,00	0,13	0,13	0,13	0,00	0,13	1
89	11,54	5,83	2,45	914,60	8,01	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00	1
90	9,91	3,04	1,33	919,40	7,86	0,00	0,13	0,00	0,13	0,13	0,13	0
91	11,11	4,84	2,17	916,31	7,96	0,00	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0
92	13,42	5,65	1,97	913,81	8,03	0,10	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	1
93	13,10	4,50	1,28	915,49	7,97	0,10	0,10	0,00	0,10	0,10	0,10	0
94	14,26	5,91	2,11	913,12	8,04	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10	0,10	1
95	14,31	6,41	2,14	912,23	8,07	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10	1
96	14,32	6,60	2,13	911,91	8,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	1
97	11,10	4,84	2,18	916,32	7,96	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0
	13,42	5,65	1,97	913,80	8,02	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	1
	13,97	6,09	1,99	912,85	8,05	0,11	0,03	0,10	0,13	0,05	0,08	1
	12,60	4,53	1,49	915,79	7,96	0,09	0,01	0,03	0,11	0,14	0,12	0
	14,20	5,36	1,76	913,83	8,02	0,13	0,03	0,07	0,02	0,11	0,14	0
	13,46	5,41	1,76	914,07	8,01	0,09	0,08	0,06	0,10	0,08	0,09	0
	15,06	6,57	2,14	911,62	8,08	0,12	0,12	0,10	0,03	0,07	0,06	1
	12,24	4,52	1,39	915,92	7,96	0,07	0,08	0,01	0,16	0,12	0,06	0
	13,62	6,31	2,24	912,75	8,06	0,08	0,07	0,12	0,10	0,10	0,03	1
	11,90	4,42	1,95	916,49	7,95	0,03	0,17	0,06	0,03	0,03	0,17	0
	13,74	6,22	2,45	912,93	8,06	0,06	0,15	0,12	0,03	0,02	0,12	1
	12,63	4,53	1,38	915,72	7,96	0,09	0,07	0,01	0,13	0,12	0,09	0
	13,59	5,77	1,75	913,43	8,03	0,10	0,06	0,06	0,16	0,08	0,04	1



M
O
N
T
E
C
A
R
L
O



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

13,17	6,02	2,22	913,43	8,04	0,07	0,02	0,13	0,11	0,11	0,06	1
16,30	6,72	1,84	910,64	8,11	0,15	0,16	0,06	0,03	0,03	0,07	1
13,42	6,36	2,28	912,79	8,06	0,08	0,01	0,14	0,12	0,14	0,01	1
13,51	5,74	2,02	913,65	8,03	0,10	0,01	0,11	0,08	0,13	0,08	1
13,28	5,14	1,55	914,49	8,00	0,09	0,11	0,03	0,11	0,10	0,05	0
12,80	5,91	2,38	913,83	8,03	0,05	0,03	0,15	0,06	0,15	0,06	1
15,49	6,32	1,93	911,73	8,08	0,15	0,08	0,08	0,03	0,01	0,14	1
13,04	6,18	2,40	913,30	8,04	0,06	0,01	0,16	0,06	0,20	0,01	1
14,38	6,57	2,11	911,92	8,08	0,12	0,04	0,11	0,12	0,09	0,02	1
12,02	4,36	1,46	916,33	7,95	0,07	0,04	0,02	0,15	0,11	0,11	0
13,30	5,41	1,64	914,06	8,01	0,07	0,19	0,03	0,09	0,11	0,00	0
14,50	6,88	2,35	911,46	8,10	0,09	0,11	0,12	0,08	0,06	0,03	1
11,43	4,38	1,91	916,76	7,94	0,02	0,11	0,07	0,07	0,09	0,14	0
13,05	5,68	2,35	914,09	8,02	0,05	0,09	0,13	0,04	0,01	0,17	1
12,21	4,70	2,04	915,96	7,96	0,05	0,03	0,10	0,01	0,12	0,19	0
13,93	5,96	2,06	913,10	8,05	0,09	0,12	0,09	0,07	0,05	0,09	1
11,06	4,34	1,81	916,96	7,94	0,02	0,05	0,06	0,11	0,19	0,07	0
16,08	6,30	1,52	911,27	8,08	0,17	0,13	0,03	0,04	0,13	0,00	1
13,60	6,08	2,10	913,08	8,05	0,08	0,08	0,10	0,11	0,06	0,06	1
13,77	5,24	1,49	914,08	8,01	0,14	0,02	0,03	0,15	0,07	0,11	0
15,29	6,60	1,69	911,23	8,09	0,14	0,13	0,04	0,14	0,04	0,01	1
12,35	4,83	1,60	915,48	7,98	0,08	0,01	0,04	0,18	0,09	0,10	0
14,83	6,45	1,97	911,83	8,08	0,15	0,01	0,10	0,08	0,15	0,01	1
10,56	3,20	1,39	918,84	7,87	0,01	0,20	0,01	0,03	0,21	0,05	0
12,52	5,10	1,62	914,94	7,99	0,07	0,09	0,04	0,15	0,14	0,01	0
13,34	5,62	1,99	913,89	8,02	0,07	0,13	0,08	0,08	0,03	0,11	1
11,62	5,39	2,16	915,14	8,00	0,01	0,13	0,09	0,14	0,08	0,04	0
11,98	4,32	1,38	916,36	7,94	0,06	0,07	0,01	0,13	0,17	0,05	0
13,78	5,07	1,55	914,38	8,00	0,12	0,06	0,04	0,06	0,12	0,10	0
15,03	6,95	2,10	910,99	8,11	0,15	0,01	0,12	0,16	0,00	0,06	1
11,49	4,67	1,84	916,23	7,96	0,03	0,02	0,07	0,16	0,10	0,12	0
13,63	5,74	1,86	913,50	8,03	0,08	0,14	0,06	0,10	0,07	0,06	1
13,28	5,10	1,63	914,61	8,00	0,11	0,03	0,05	0,12	0,08	0,12	0
13,61	5,75	2,24	913,68	8,03	0,07	0,12	0,11	0,02	0,03	0,15	1
17,49	7,11	1,60	909,30	8,13	0,19	0,15	0,04	0,04	0,06	0,02	1
11,93	4,83	1,89	915,75	7,97	0,03	0,15	0,06	0,07	0,15	0,05	0
14,10	5,10	1,40	914,12	8,01	0,15	0,03	0,02	0,11	0,06	0,14	0
11,82	4,82	1,93	915,87	7,97	0,04	0,00	0,09	0,12	0,13	0,12	0
13,36	5,34	1,73	914,23	8,01	0,11	0,02	0,06	0,10	0,14	0,06	0
15,84	7,33	2,47	910,19	8,13	0,14	0,07	0,16	0,01	0,03	0,09	1



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

13,91	5,66	2,07	913,68	8,03	0,09	0,11	0,09	0,00	0,10	0,10	1
12,04	5,73	2,24	914,43	8,01	0,03	0,01	0,13	0,17	0,13	0,03	1
11,29	5,47	2,28	915,23	7,99	0,00	0,17	0,09	0,12	0,11	0,01	0
15,59	7,42	2,19	910,00	8,13	0,15	0,07	0,12	0,14	0,02	0,01	1
14,49	7,11	2,52	911,17	8,10	0,10	0,05	0,17	0,07	0,10	0,01	1
12,59	5,47	2,24	914,57	8,01	0,04	0,12	0,11	0,05	0,07	0,11	0
12,46	4,38	1,54	916,11	7,95	0,07	0,09	0,03	0,07	0,11	0,13	0
14,00	6,43	2,19	912,34	8,07	0,08	0,13	0,10	0,08	0,09	0,02	1
13,48	5,76	2,04	913,61	8,03	0,07	0,16	0,07	0,08	0,01	0,11	1
14,24	5,43	1,40	913,50	8,02	0,13	0,09	0,02	0,11	0,11	0,04	0
12,64	5,70	2,24	914,17	8,02	0,05	0,05	0,13	0,09	0,11	0,07	1
12,41	5,50	2,21	914,59	8,01	0,04	0,06	0,12	0,09	0,09	0,09	1
13,73	5,82	1,63	913,21	8,04	0,09	0,16	0,03	0,15	0,05	0,02	1
13,98	5,96	2,03	913,07	8,05	0,11	0,02	0,10	0,09	0,05	0,12	1
13,76	6,35	2,25	912,64	8,07	0,10	0,01	0,14	0,13	0,02	0,10	1
13,99	5,12	1,58	914,23	8,01	0,14	0,01	0,04	0,07	0,07	0,17	0
14,66	4,86	1,28	914,18	8,00	0,15	0,09	0,00	0,03	0,05	0,17	0
12,38	5,25	1,92	914,88	8,00	0,05	0,09	0,07	0,12	0,09	0,07	0
13,33	6,91	2,63	912,07	8,09	0,05	0,05	0,18	0,13	0,06	0,02	1
15,72	8,23	2,73	908,84	8,17	0,09	0,18	0,14	0,08	0,01	0,00	1
13,05	4,73	1,69	915,36	7,98	0,08	0,09	0,05	0,04	0,09	0,15	0
12,19	4,24	1,63	916,50	7,94	0,05	0,12	0,04	0,03	0,15	0,11	0
14,77	6,00	1,90	912,58	8,05	0,14	0,05	0,08	0,02	0,15	0,06	1
11,56	5,51	2,35	915,07	8,00	0,01	0,05	0,14	0,11	0,17	0,02	1
12,66	4,50	1,37	915,77	7,96	0,09	0,05	0,01	0,14	0,08	0,12	0
11,78	4,64	1,85	916,13	7,96	0,04	0,07	0,07	0,10	0,11	0,11	0
12,20	5,45	2,38	914,88	8,00	0,02	0,13	0,12	0,03	0,11	0,09	0
12,98	6,16	2,51	913,38	8,04	0,04	0,11	0,14	0,04	0,13	0,04	1
15,07	5,16	1,24	913,48	8,01	0,13	0,19	0,00	0,02	0,10	0,06	0
11,47	5,06	2,12	915,74	7,97	0,01	0,13	0,09	0,09	0,14	0,04	0
10,82	3,91	1,86	917,82	7,92	0,01	0,04	0,07	0,09	0,05	0,24	0
13,56	5,43	1,84	914,04	8,02	0,10	0,08	0,07	0,07	0,09	0,10	0
12,15	5,63	2,14	914,48	8,01	0,04	0,00	0,12	0,20	0,05	0,08	1
12,12	5,40	2,24	914,93	8,00	0,03	0,02	0,13	0,09	0,12	0,10	0
15,28	6,29	1,64	911,73	8,08	0,18	0,03	0,05	0,13	0,05	0,05	1
14,66	6,05	1,53	912,35	8,06	0,13	0,11	0,03	0,16	0,05	0,03	1
14,39	5,58	1,77	913,38	8,03	0,12	0,09	0,06	0,04	0,07	0,12	1
15,64	5,61	1,31	912,51	8,04	0,16	0,14	0,01	0,04	0,07	0,08	1
14,29	6,25	2,13	912,49	8,06	0,12	0,03	0,12	0,05	0,12	0,06	1
13,19	5,39	1,76	914,23	8,01	0,08	0,10	0,06	0,11	0,11	0,05	0

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

11,45	5,39	2,39	915,35	8,00	0,00	0,02	0,15	0,15	0,02	0,15	0
15,27	6,67	2,12	911,35	8,09	0,12	0,12	0,10	0,05	0,04	0,08	1
16,17	6,52	1,71	910,95	8,10	0,14	0,18	0,04	0,05	0,00	0,08	1
15,56	6,61	2,11	911,32	8,09	0,14	0,11	0,10	0,03	0,01	0,13	1
12,37	4,37	1,33	916,07	7,95	0,08	0,09	0,00	0,13	0,12	0,08	0
13,80	5,23	1,45	914,06	8,01	0,13	0,04	0,02	0,12	0,13	0,05	0
13,57	5,14	1,49	914,34	8,00	0,11	0,09	0,02	0,11	0,09	0,08	0
13,53	5,64	1,96	913,77	8,03	0,09	0,05	0,09	0,08	0,09	0,10	1
13,12	5,37	1,90	914,37	8,01	0,08	0,05	0,08	0,09	0,11	0,09	0

Tabla 16. Alternativas obtenidas tras la simulación y lanzamiento Monte Carlo.

Una vez llegados hasta aquí se realiza un filtro y selecciona únicamente aquellas alternativas que cumplen $[OD] > 5,5 \text{ mg/L}$ y $[\text{Clorofila } a] < 3,5 \text{ mg/m}^3$, para su posterior análisis.

La tabla siguiente, muestra únicamente la relación de las alternativas que cumplen el condicionado:

Alternativa	TEMP (C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)	Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6
						120,5	116,5	112,5	104,5	100,5	95,5
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	22,68	8,90	1,15	903,71	8,27	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	22,68	8,90	1,15	903,77	8,27	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
9	18,70	9,56	2,87	905,37	8,27	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
10	16,38	6,75	1,27	910,28	8,11	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00
11	16,27	5,80	1,21	911,89	8,05	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
17	12,40	7,41	3,00	911,88	8,10	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00
18	12,29	6,46	2,94	913,49	8,05	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00
19	12,27	6,05	2,97	914,20	8,03	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25
23	18,69	9,57	2,90	905,41	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
24	16,70	6,87	1,26	909,90	8,12	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00	0,00
25	16,61	5,94	1,21	911,52	8,06	0,17	0,17	0,00	0,00	0,15	0,00
27	15,82	7,92	2,40	909,18	8,16	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
28	15,75	7,26	2,36	910,30	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
29	15,73	7,00	2,38	910,76	8,11	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
32	18,69	9,57	2,90	905,41	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
33	16,37	6,76	1,27	910,25	8,11	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00
34	16,27	5,78	1,21	911,94	8,05	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00
36	12,38	7,43	3,03	911,87	8,11	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

37	12,41	6,64	3,06	913,23	8,06	0,00	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00
38	12,26	6,05	3,00	914,24	8,03	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17
41	18,69	9,57	2,90	905,41	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
42	15,82	7,92	2,40	909,18	8,16	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
43	15,75	7,26	2,36	910,30	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
44	15,73	7,00	2,38	910,76	8,11	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
45	12,38	7,43	3,03	911,87	8,11	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00
46	12,28	6,45	2,97	913,56	8,04	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00
47	12,26	6,05	3,00	914,24	8,03	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17
48	11,54	5,84	2,44	914,61	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00
49	11,53	5,57	2,46	915,06	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17
50	16,37	6,76	1,27	910,25	8,11	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00
51	15,82	7,92	2,40	909,18	8,16	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
54	12,38	7,43	3,03	911,87	8,11	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00
57	11,54	5,84	2,44	914,61	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00
58	11,53	5,57	2,46	915,06	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17
59	16,27	5,78	1,21	911,94	8,05	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00
60	15,75	7,26	2,36	910,30	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
63	12,28	6,45	2,97	913,56	8,04	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00
66	11,54	5,84	2,44	914,61	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00
69	15,73	7,00	2,38	910,76	8,11	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
72	12,26	6,05	3,00	914,24	8,03	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17
75	11,53	5,57	2,46	915,06	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17
77	15,81	7,92	2,41	909,16	8,16	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00
78	15,75	7,26	2,37	910,32	8,12	0,13	0,13	0,13	0,00	0,13	0,00
79	15,73	7,00	2,39	910,77	8,11	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00	0,13
83	14,31	6,41	2,14	912,23	8,07	0,13	0,00	0,13	0,13	0,00	0,13
84	14,33	6,60	2,12	911,90	8,08	0,13	0,00	0,13	0,13	0,13	0,00
85	14,26	5,91	2,11	913,11	8,04	0,13	0,00	0,13	0,00	0,13	0,13
88	11,52	5,58	2,47	915,04	8,01	0,00	0,13	0,13	0,13	0,00	0,13
89	11,54	5,83	2,45	914,60	8,01	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00
92	13,42	5,65	1,97	913,81	8,03	0,10	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10
94	14,26	5,91	2,11	913,12	8,04	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10	0,10
95	14,31	6,41	2,14	912,23	8,07	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10
96	14,32	6,60	2,13	911,91	8,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
	13,42	5,65	1,97	913,80	8,02	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	13,97	6,09	1,99	912,85	8,05	0,11	0,03	0,10	0,13	0,05	0,08
	15,06	6,57	2,14	911,62	8,08	0,12	0,12	0,10	0,03	0,07	0,06
	13,62	6,31	2,24	912,75	8,06	0,08	0,07	0,12	0,10	0,10	0,03
	13,74	6,22	2,45	912,93	8,06	0,06	0,15	0,12	0,03	0,02	0,12





*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

M
O
N
T
E
C
A
R
L
O

13,59	5,77	1,75	913,43	8,03	0,10	0,06	0,06	0,16	0,08	0,04
13,17	6,02	2,22	913,43	8,04	0,07	0,02	0,13	0,11	0,11	0,06
16,30	6,72	1,84	910,64	8,11	0,15	0,16	0,06	0,03	0,03	0,07
13,42	6,36	2,28	912,79	8,06	0,08	0,01	0,14	0,12	0,14	0,01
13,51	5,74	2,02	913,65	8,03	0,10	0,01	0,11	0,08	0,13	0,08
12,80	5,91	2,38	913,83	8,03	0,05	0,03	0,15	0,06	0,15	0,06
15,49	6,32	1,93	911,73	8,08	0,15	0,08	0,08	0,03	0,01	0,14
13,04	6,18	2,40	913,30	8,04	0,06	0,01	0,16	0,06	0,20	0,01
14,38	6,57	2,11	911,92	8,08	0,12	0,04	0,11	0,12	0,09	0,02
14,50	6,88	2,35	911,46	8,10	0,09	0,11	0,12	0,08	0,06	0,03
13,05	5,68	2,35	914,09	8,02	0,05	0,09	0,13	0,04	0,01	0,17
13,93	5,96	2,06	913,10	8,05	0,09	0,12	0,09	0,07	0,05	0,09
16,08	6,30	1,52	911,27	8,08	0,17	0,13	0,03	0,04	0,13	0,00
13,60	6,08	2,10	913,08	8,05	0,08	0,08	0,10	0,11	0,06	0,06
15,29	6,60	1,69	911,23	8,09	0,14	0,13	0,04	0,14	0,04	0,01
14,83	6,45	1,97	911,83	8,08	0,15	0,01	0,10	0,08	0,15	0,01
13,34	5,62	1,99	913,89	8,02	0,07	0,13	0,08	0,08	0,03	0,11
15,03	6,95	2,10	910,99	8,11	0,15	0,01	0,12	0,16	0,00	0,06
13,63	5,74	1,86	913,50	8,03	0,08	0,14	0,06	0,10	0,07	0,06
13,61	5,75	2,24	913,68	8,03	0,07	0,12	0,11	0,02	0,03	0,15
17,49	7,11	1,60	909,30	8,13	0,19	0,15	0,04	0,04	0,06	0,02
15,84	7,33	2,47	910,19	8,13	0,14	0,07	0,16	0,01	0,03	0,09
13,91	5,66	2,07	913,68	8,03	0,09	0,11	0,09	0,00	0,10	0,10
12,04	5,73	2,24	914,43	8,01	0,03	0,01	0,13	0,17	0,13	0,03
15,59	7,42	2,19	910,00	8,13	0,15	0,07	0,12	0,14	0,02	0,01
14,49	7,11	2,52	911,17	8,10	0,10	0,05	0,17	0,07	0,10	0,01
14,00	6,43	2,19	912,34	8,07	0,08	0,13	0,10	0,08	0,09	0,02
13,48	5,76	2,04	913,61	8,03	0,07	0,16	0,07	0,08	0,01	0,11
12,64	5,70	2,24	914,17	8,02	0,05	0,05	0,13	0,09	0,11	0,07
12,41	5,50	2,21	914,59	8,01	0,04	0,06	0,12	0,09	0,09	0,09
13,73	5,82	1,63	913,21	8,04	0,09	0,16	0,03	0,15	0,05	0,02
13,98	5,96	2,03	913,07	8,05	0,11	0,02	0,10	0,09	0,05	0,12
13,76	6,35	2,25	912,64	8,07	0,10	0,01	0,14	0,13	0,02	0,10
13,33	6,91	2,63	912,07	8,09	0,05	0,05	0,18	0,13	0,06	0,02
15,72	8,23	2,73	908,84	8,17	0,09	0,18	0,14	0,08	0,01	0,00
14,77	6,00	1,90	912,58	8,05	0,14	0,05	0,08	0,02	0,15	0,06
11,56	5,51	2,35	915,07	8,00	0,01	0,05	0,14	0,11	0,17	0,02
12,98	6,16	2,51	913,38	8,04	0,04	0,11	0,14	0,04	0,13	0,04
12,15	5,63	2,14	914,48	8,01	0,04	0,00	0,12	0,20	0,05	0,08
15,28	6,29	1,64	911,73	8,08	0,18	0,03	0,05	0,13	0,05	0,05

14,66	6,05	1,53	912,35	8,06	0,13	0,11	0,03	0,16	0,05	0,03
14,39	5,58	1,77	913,38	8,03	0,12	0,09	0,06	0,04	0,07	0,12
15,64	5,61	1,31	912,51	8,04	0,16	0,14	0,01	0,04	0,07	0,08
14,29	6,25	2,13	912,49	8,06	0,12	0,03	0,12	0,05	0,12	0,06
15,27	6,67	2,12	911,35	8,09	0,12	0,12	0,10	0,05	0,04	0,08
16,17	6,52	1,71	910,95	8,10	0,14	0,18	0,04	0,05	0,00	0,08
15,56	6,61	2,11	911,32	8,09	0,14	0,11	0,10	0,03	0,01	0,13
13,53	5,64	1,96	913,77	8,03	0,09	0,05	0,09	0,08	0,09	0,10

Tabla 17. Alternativas que cumplen la condición de calidad óptima establecida. Día 1 de Junio_amanecer de 2012.

Vistos los resultados, se desprende que son muchas las alternativas que cumplen el condicionado de OD y Cl a, pero cabe hacer hincapié en la comparativa entre las primeras simulaciones y las últimas obtenidas por el lanzamiento Montecarlo, en éstas también se han obtenido buenos resultados, ya que salvo en dos situaciones, el resto cumplen todas.

A la hora de escoger una de las alternativas que proporcionen una buena calidad del agua de salida, se ha de tener en cuenta no sólo el resultado de la calidad final, si no también escoger aquella alternativa que resulte más práctica y operacional a la hora de llevarla a cabo, y en este caso, Montecarlo no es tan operacional, ya que juega con una combinación mucho más compleja en cuanto a porcentajes de extracción y utilizando todos los puertos.

Es por ello que a la hora de elegir una de las alternativas de extracción, se escoja de las primeras que combina la apertura de uno o dos puertos, y con una distribución porcentual del caudal mucho más sencilla. Una vez tenemos en cuenta esto, para escoger qué alternativa resultaría más óptima desde el punto de vista de la calidad, hemos de fijarnos en los parámetros óptimos todos los constituyentes, en primer lugar aquellas que tengan una concentración de Cl a entre 1-2 mg/m³, y con respecto al OD entre 8-9 mg/l.

Finalmente, una vez seleccionadas aquellas que cumplen los valores óptimos de estos dos parámetros, se procede a analizar el resto de parámetros. Tal y como se puede observar, tanto la CE como el pH, a penas varían y ambos están dentro de los óptimos que fija la normativa, por lo que quedaría la temperatura como último parámetro a tener en cuenta.



En este caso del amanecer, las alternativas nº 2 y 8, serían las que proporcionarían una óptima calidad desde el punto de vista de la Clorofila a y el oxígeno disuelto, ya que es difícil encontrar otras que estén dentro del óptimo deseable para esos parámetros, sin embargo, la temperatura del agua superaría ligeramente los 20° C.

Para realizar un análisis de una manera más exhaustiva se va a escoger una de ellas, por ejemplo la nº 8, que contempla la extracción de un caudal de 0,25 m³/s, por cada uno de los dos puertos superiores.

Una vez se dispone de esa información, se procede a introducir de forma manual en la hoja de “*Input Data*” dichos caudales en sus puertos correspondientes, a efectos de que el programa recalculé y obtenga la información relativa a la calidad del agua de extracción correspondiente. Dicha información aparece en la hoja de “*Output*” donde se muestran los resultados de manera gráfica y través de una tabla y una matriz, tal y como se muestra a continuación:

- a) Información correspondiente a los caudales de extracción .

Outlet and Operations Information			
Port	Elevation	Flow	Withdrawal Angle
1	120,50	0,25	180,00
2	116,50	0,25	180,00
3	112,50	0,00	180,00
4	104,50	0,00	180,00
5	100,50	0,00	180,00
6	95,50	0,00	180,00

- b) Parámetros de calidad del agua de extracción (Release Water Quality)

DENSITY(g/ml)	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0,99766	22,57	8,83	1,1	903,9	8,3

- c) Resultados gráficos de extracción.

En los gráficos de extracción se observan los perfiles de los parámetros relacionados con la calidad del agua en el embalse, en el primero de ellos aparecen los correspondientes a la

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

temperatura, Clorofila a, oxígeno disuelto y pH, a excepción de la conductividad eléctrica que aparece representada en un gráfico aparte.

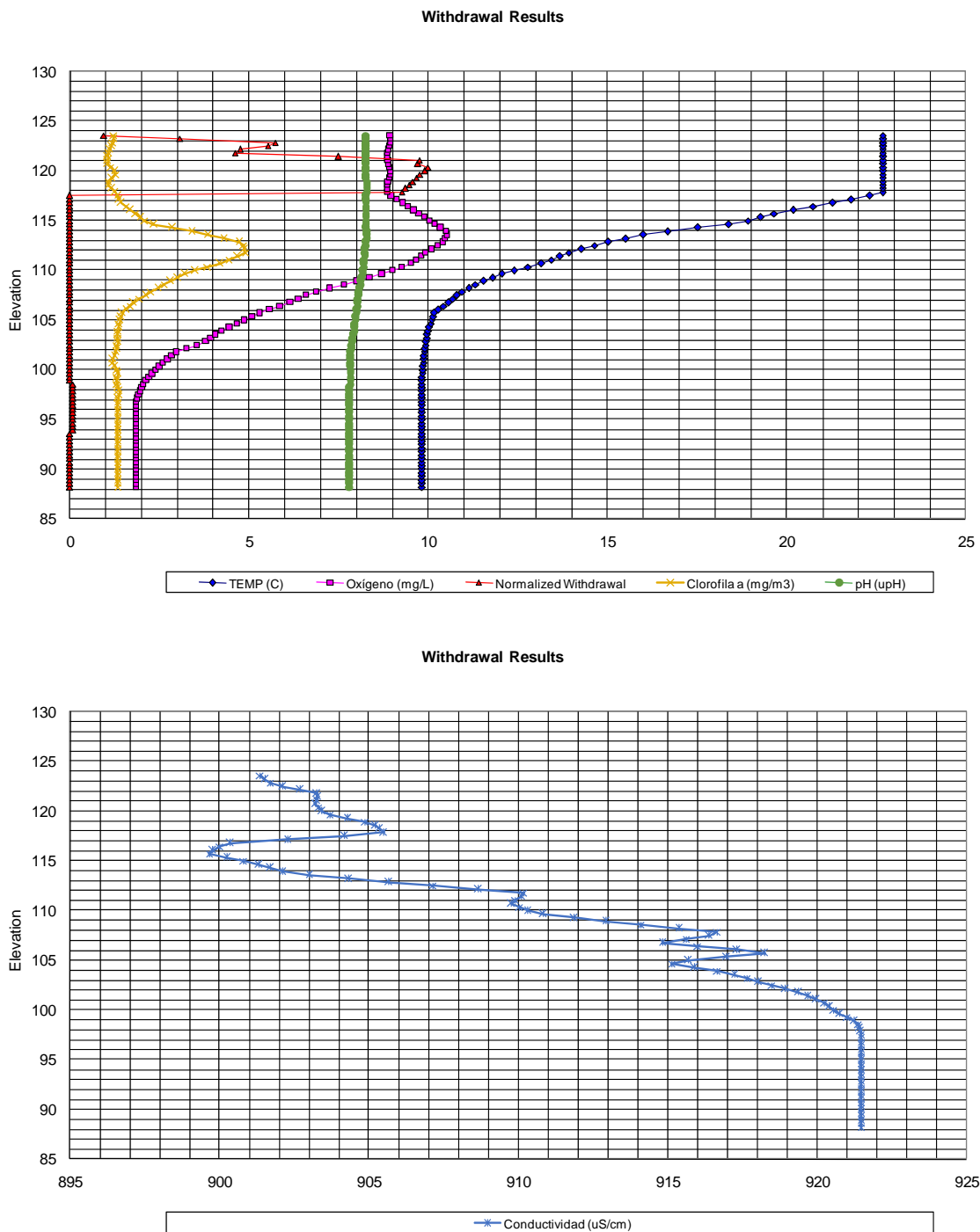


Figura 35. Resultados gráficos de extracción de agua. Condición óptima para el día 1 de Junio_amanecer de 2012.

Como se desprende del gráfico, tanto en superficie como en profundidad se produce la menor concentración de Clorofila a, sin embargo, es en el metalimnion donde tiene lugar una mayor concentración de Clorofila a, así como de oxígeno disuelto, lo que respondería con una zona en la que se produce una mayor actividad biológica. En esta situación la extracción de agua debería realizarse, en la medida de lo posible, en la zona del epilimnion más superficial en donde la actividad biológica es menor. Teniendo en cuenta no sólo estos dos parámetros, y mediante la extracción selectiva, se observa cómo extrayendo un caudal de $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$, por los dos puertos superiores, de ésta manera obtenemos una calidad de agua óptima que cumple los óptimos valores de todos los parámetros al mismo tiempo.

Del mismo modo se realiza el análisis de aquellas alternativas que no cumplen a priori con el condicionado establecido, y que por tanto habría que evitar dichas combinaciones.

Tal y como se ha comentado anteriormente, en este caso son pocas las alternativas que no cumplen $[\text{OD}] > 5,5 \text{ mg/l}$ y $[\text{Clorofila a}] < 3,5 \text{ mg/m}^3$, y seleccionando sólo éstas aparecen representadas en el siguiente gráfico que relaciona Cl a y OD:

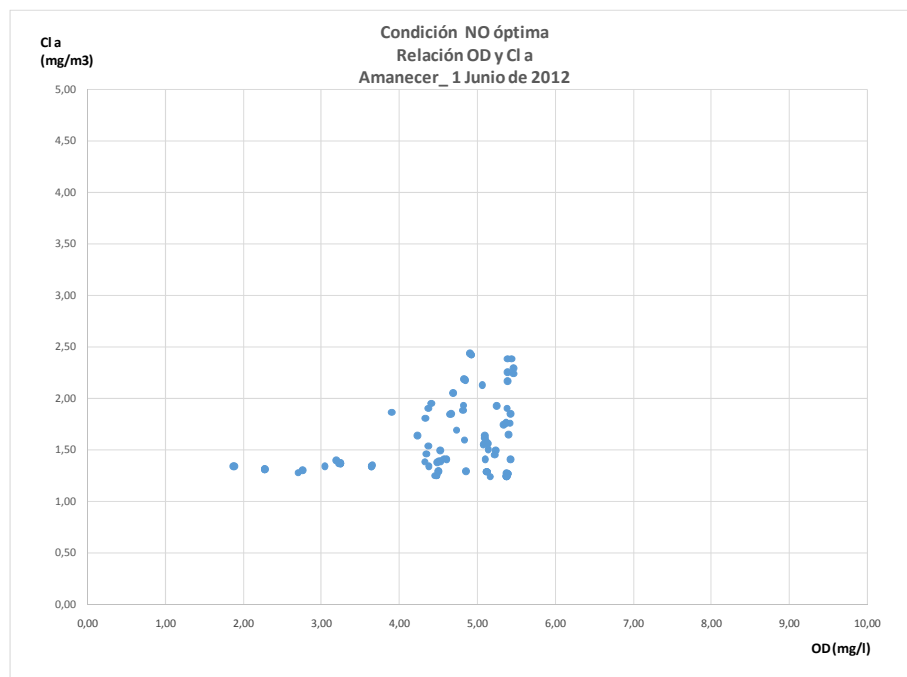


Figura 36. Alternativas que no cumplen la condición de calidad óptima establecida, en la relación entre la concentración de Clorofila a (mg/m^3) y el Oxígeno disuelto (mg/l).



Con respecto a este punto cabe destacar que, en vistas de los gráficos de perfiles obtenidos, tanto en superficie como en profundidad es donde se produce la menor concentración de Clorofila a, sin embargo, es en el metalimnion donde tiene lugar una mayor concentración de Clorofila a, así como de oxígeno disuelto, lo que respondería con una zona en la que se produce una mayor actividad biológica. En esta situación la extracción de agua que daría resultados menos óptimos de calidad sería la efectuada en la zona intermedia del embalse.

6.2.2.- Análisis de la mañana

En cuanto al análisis correspondiente a la mañana del día 1 de junio de 2012, se procede del mismo modo tal y como se ha descrito en el apartado anterior correspondiente al amanecer, de forma que, tras introducir los datos generales de entrada, y tras el lanzamiento de simulaciones, se obtienen los resultados que se muestran a continuación en forma de gráficos y tablas.

En los casos siguientes que se van a analizar los momentos restantes en los que se ha dividido el día, y puesto que ya ha sido descrito el procedimiento que se ha llevado a cabo para la obtención de los resultados de forma más pormenorizada en el apartado anterior, únicamente nos centraremos en el análisis exhaustivo de las alternativas que cumplen el condicionado $[OD] > 5,5 \text{ mg/l}$ y $[Clorofila a] < 3,5 \text{ mg/m}^3$, y con menos detalle aquellas que no.

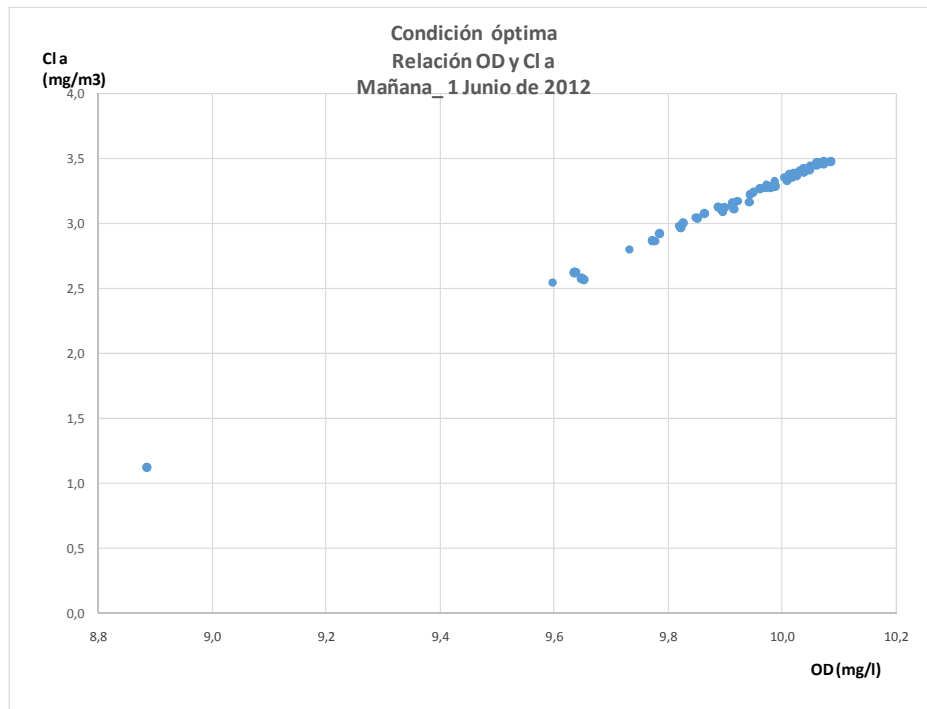


Figura 37. Alternativas óptimas en la relación entre la concentración de Clorofila a (mg/m3) y Oxígeno disuelto (mg/l).

Previamente, cabe destacar que a diferencia de lo observado en el análisis del amanecer, aquí tenemos más o menos el mismo porcentaje de alternativas que cumplen el condicionado y que no, aproximadamente un 50% de las mismas. Si comparamos las primeras simulaciones con las de Monte Carlo, también se obtiene un porcentaje del orden del 50% que cumplirían, y para ello analizaremos la tabla de resultados que aparece en el Anejo 4 en su totalidad, y cuya parte representativa de la misma se muestra a continuación:

Alternativa	TEMP (C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)	Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6
						120,5	116,5	112,5	104,5	100,5	95,5
1	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
2	22,80	8,89	1,12	903,57	8,28	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	22,81	8,89	1,12	903,48	8,28	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
9	18,94	9,65	2,57	904,48	8,27	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
10	18,85	9,64	2,62	904,74	8,27	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00
11	18,85	9,64	2,62	904,74	8,27	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
12	18,85	9,64	2,62	904,74	8,27	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25

23	18,93	9,65	2,58	904,50	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
24	19,06	9,60	2,54	904,65	8,27	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00	0,00
25	19,06	9,60	2,54	904,65	8,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,15	0,00
26	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17
27	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
28	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
29	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
(...)	(...)										
94	16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10	0,10
95	16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10
M O N T E C A R R L O	16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
	17,53	9,90	3,12	905,08	8,27	0,15	0,04	0,10	0,06	0,13	0,02
	17,66	9,86	3,08	905,10	8,27	0,13	0,11	0,00	0,12	0,04	0,09
	17,22	9,95	3,24	905,22	8,27	0,11	0,11	0,04	0,17	0,05	0,02
	16,93	10,00	3,35	905,32	8,27	0,10	0,12	0,03	0,10	0,07	0,09
	18,39	9,73	2,80	904,83	8,27	0,21	0,02	0,08	0,11	0,05	0,02
	17,39	9,94	3,16	904,99	8,27	0,15	0,02	0,22	0,03	0,01	0,07
	(...)	(...)									
	16,81	10,04	3,39	905,28	8,27	0,09	0,13	0,11	0,07	0,00	0,10

Tabla 18. Alternativas que cumplen la condición de calidad óptima establecida. Día 1 de Junio_ mañana de 2012.

De los resultados observados, se desprende que resulta difícil encontrar una alternativa con valores que se encuentren dentro del intervalo de 1-2 mg/m³ de Clorofila a, únicamente dos alternativas de las primeras se encontrarían dentro de este rango. Sin embargo, si se analizan los valores correspondientes al oxígeno disuelto, únicamente las dos primeras alternativas presentan valores entre 8-9 mg/l de oxígeno disuelto, pero a la hora de escoger qué alternativas serían óptimas, al extender la búsqueda en el resto de parámetros, se observa cómo éstas dos alternativas darían un agua con una temperatura superior a los 20° C, por lo que, se descartan y se elegirán aquellas que aun no estando dentro del rango más óptimo de Cl a y OD, cumplen con el condicionamiento con valores próximos a 3 mg/m³ y entorno a los 9,7 mg/l de Clorofila a y oxígeno disuelto respectivamente, y que a su vez proporcionarían aguas con temperaturas entre los 10- 20° C.



En relación a lo anteriormente expuesto, y siguiendo la pauta de escoger aquellas alternativas que resulten más prácticas y operativas, se van a elegir algunas de las primeras. En la tabla se han marcado las posibles alternativas, y se analiza en detalle una de ellas, la nº 24, la cual exige la extracción de un caudal de 0,1665 m³/s, por los puertos superiores nº 1 y 2, y un caudal de 0,15 m³/s por el puerto nº 4.

a) Información correspondiente a los caudales de extracción .

Outlet and Operations Information			
Port	Elevation	Flow	Withdrawal Angle
1	120,50	0,17	180,00
2	116,50	0,17	180,00
3	112,50	0,00	180,00
4	104,50	0,15	180,00
5	100,50	0,00	180,00
6	95,50	0,00	180,00

b) Parámetros de calidad del agua de extracción (Release Water Quality)

DENSITY(g/ml)	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0,99834	19,06	9,60	2,5	904,6	8,3

c) Resultados gráficos de extracción.

En la figura siguiente se observa como la extracción se ha realizado a la vista del perfil y evitando la zona de mayor saturación de oxígeno disuelto, así como la de mayor actividad biológica.

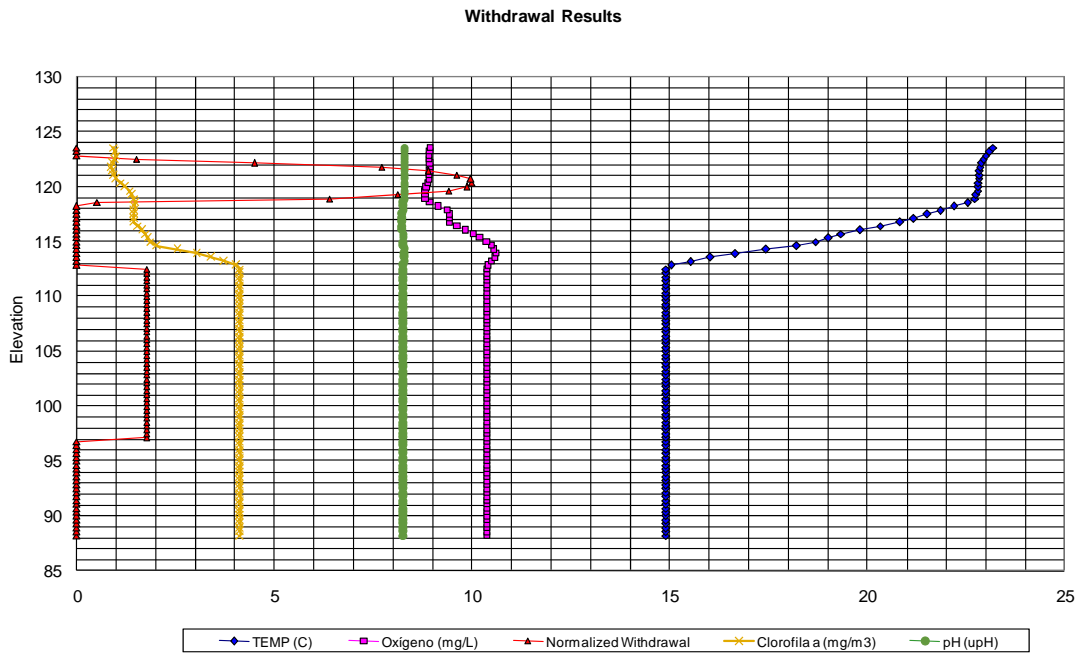


Figura 38. Resultados gráficos de extracción de agua. Condición óptima del día 1 de Junio_mañana de 2012.

Para el caso de las alternativas que no cumplen $[OD] > 5,5 \text{ mg/L}$ y $[Clorofila a] < 3,5 \text{ mg/m}^3$, tal y como se ha comentado anteriormente, en este caso son del orden del 40 % y el gráfico adjunto muestra una prueba de ello:

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

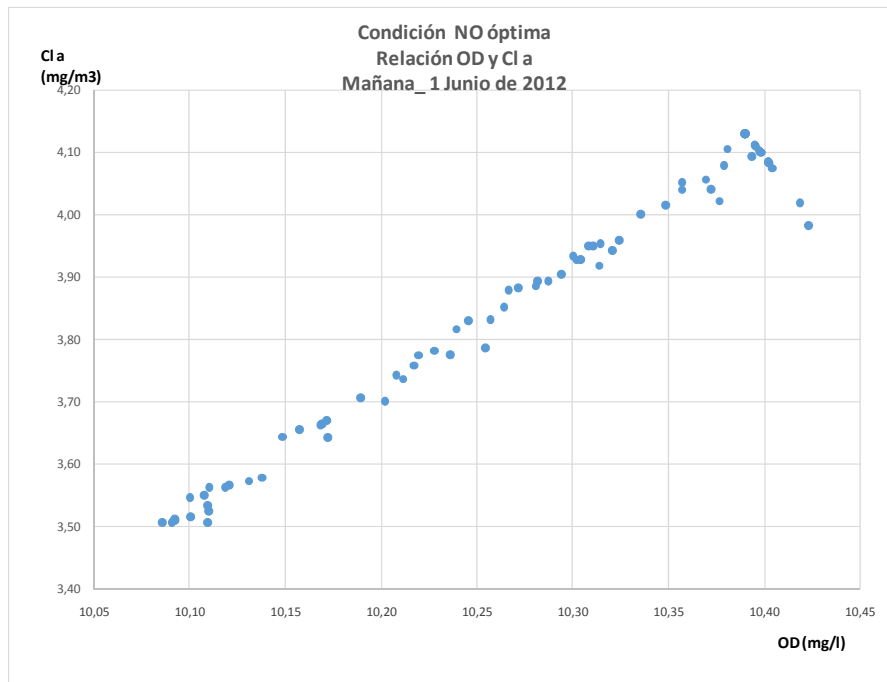


Figura 39. Alternativas que no cumplen la condición de calidad óptima en la relación entre la concentración de Clorofila a (mg/m3) y el Oxígeno disuelto (mg/l).

6.2.3.- Análisis de la tarde

En cuanto al análisis correspondiente a la tarde del día 1 de junio de 2012, el gráfico siguiente muestra las alternativas que cumplen el condicionamiento estipulado $[OD] > 5,5$ mg/L y $[Clorofila\ a] < 3,5$ mg/m³.

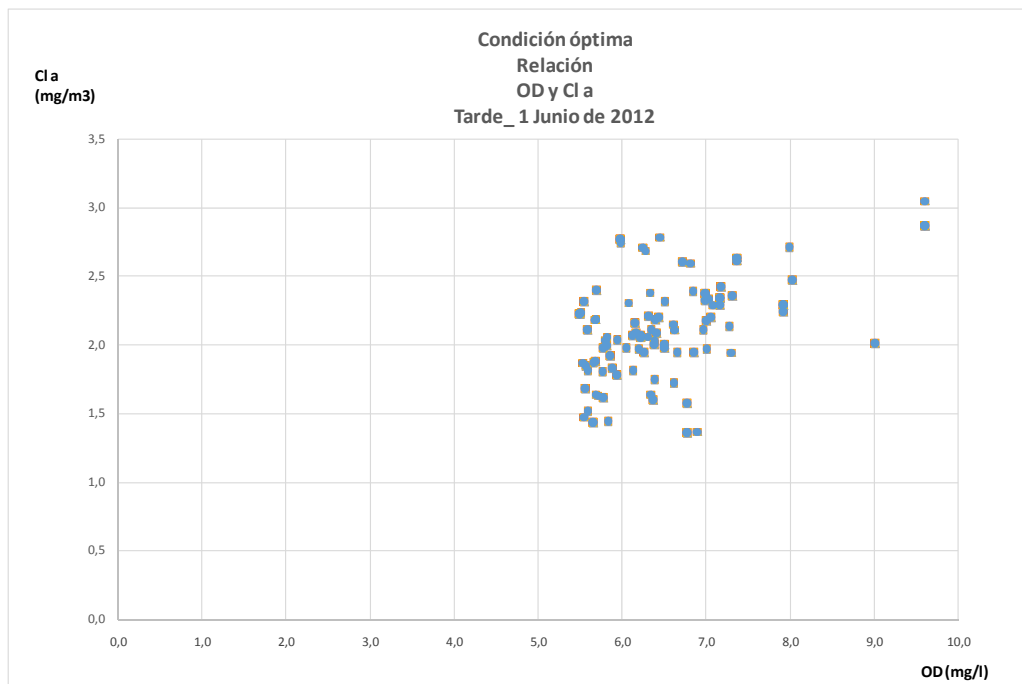


Figura 40. Alternativas óptimas en la relación entre la concentración de Clorofila a (mg/m³) y el Oxígeno disuelto (mg/l).

Cabe destacar que a diferencia de lo observado en los análisis anteriores, en el caso de la tarde es cuando mayor es el número de casos en los que se obtienen resultados óptimos de calidad, tanto en las primeras simulaciones como en el lanzamiento Montecarlo, siendo del orden de un 60% las alternativas que cumplen en ambos casos.

También es importante destacar que hay un elevado número de alternativas con valores de Clorofila a entre 1-2 mg/m³, sin embargo para el caso del oxígeno disuelto son muy pocas las que obtienen concentraciones entre 8-9 mg/l, siendo por tanto más compleja la elección a pesar de disponer de un elevado porcentaje de cumplimiento del condicionamiento inicial.

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

En este caso, se señalan algunas de las alternativas que proporcionan valores óptimos de calidad, tanto de las obtenidas tras las primeras simulaciones como las derivadas del lanzamiento Montecarlo.

Alternativa	TEMP (C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)	Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6
						120,5	116,5	112,5	104,5	100,5	95,5
1	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
2	23,03	9,03	3,01	907,18	8,28	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	23,03	9,02	2,00	907,07	8,28	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
9	18,82	9,61	3,05	905,69	8,28	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
10	16,55	6,79	1,57	911,61	8,12	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00
11	16,44	5,69	1,64	913,69	8,05	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
17	12,34	7,38	2,61	910,23	8,11	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00
18	12,23	6,28	2,68	912,31	8,05	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00
19	12,21	5,98	2,74	912,86	8,04	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25
23	18,81	9,61	2,86	905,69	8,28	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
(...)	(...)										
34	16,44	5,66	1,43	913,69	8,05	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00
36	12,33	7,38	2,63	910,26	8,11	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00
37	12,34	6,46	2,78	911,96	8,06	0,00	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00
38	12,20	5,98	2,76	912,90	8,04	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17
41	18,81	9,61	2,86	905,69	8,28	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
42	15,90	7,92	2,28	909,17	8,17	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
43	15,82	7,18	2,33	910,58	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
44	15,81	7,00	2,37	910,93	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
(...)	(...)										
66	11,50	5,69	2,18	913,63	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00
69	15,81	7,00	2,37	910,93	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
72	12,20	5,98	2,76	912,90	8,04	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17
(...)	(...)										
96	14,38	6,52	1,97	911,96	8,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
	13,47	5,56	1,84	913,85	8,03	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	15,07	6,35	1,64	912,38	8,08	0,13	0,12	0,04	0,15	0,00	0,06
	13,67	6,82	2,59	911,22	8,09	0,04	0,15	0,16	0,01	0,12	0,02
	12,92	6,84	2,38	911,29	8,09	0,03	0,12	0,15	0,14	0,03	0,03



M O N T E C A R L O	13,71	7,18	2,41	910,59	8,11	0,05	0,14	0,15	0,12	0,01	0,04
	15,82	7,10	2,29	910,73	8,12	0,13	0,11	0,13	0,01	0,04	0,08
	13,51	5,60	2,10	913,71	8,03	0,07	0,13	0,10	0,01	0,08	0,11
	13,47	5,59	1,81	913,82	8,03	0,09	0,05	0,08	0,11	0,08	0,08
	15,17	7,28	2,13	910,45	8,13	0,12	0,11	0,12	0,12	0,01	0,03
	13,39	5,94	2,03	913,08	8,05	0,08	0,05	0,12	0,10	0,07	0,09
	(...)										
	12,08	5,56	2,31	913,80	8,01	0,02	0,07	0,15	0,06	0,10	0,11
	16,84	8,03	2,47	908,85	8,18	0,15	0,11	0,15	0,02	0,03	0,03
	14,22	6,13	1,81	912,78	8,06	0,12	0,03	0,09	0,13	0,11	0,01
	14,93	5,56	1,47	913,93	8,04	0,15	0,08	0,02	0,11	0,05	0,09
	(...)	(...)									
14,38	6,17	2,09	912,58	8,06	0,11	0,07	0,12	0,03	0,09	0,08	
12,85	6,13	2,06	912,75	8,05	0,06	0,03	0,14	0,18	0,01	0,09	
13,56	6,23	2,05	912,52	8,06	0,08	0,06	0,12	0,12	0,05	0,07	
(...)	(...)										
13,80	6,34	2,10	912,27	8,07	0,09	0,02	0,14	0,10	0,09	0,05	
13,86	5,66	1,86	913,66	8,03	0,10	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	
15,05	7,99	2,71	908,87	8,16	0,08	0,12	0,19	0,05	0,04	0,02	
16,30	6,66	1,94	911,67	8,11	0,14	0,16	0,06	0,03	0,01	0,10	
13,61	6,16	2,15	912,61	8,06	0,07	0,10	0,12	0,05	0,12	0,03	

Tabla 19. Alternativas que cumplen la condición de calidad óptima establecida. Día 1 de Junio_tarde de 2012.

De las alternativas señaladas, se escoge para su análisis una de las dos primeras, debido a su operatividad, si bien es importante destacar que con las de Montecarlo se obtienen muy buenos resultados.

La alternativa escogida es la nº 42, por tener una temperatura no superior a 20° C, la cual exige la extracción de un caudal de 0,1665 m³/s, por tres puertos, el nº 1, 3 y 4.

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

a) Información correspondiente a los caudales de extracción .

Outlet and Operations Information

Port	Elevation	Flow	Withdrawal Angle
1	120,50	0,17	180,00
2	116,50	0,00	180,00
3	112,50	0,17	180,00
4	104,50	0,17	180,00
5	100,50	0,00	180,00
6	95,50	0,00	180,00

b) Parámetros de calidad del agua de extracción (Release Water Quality)

DENSITY(g/ml)	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0,99882	15,90	7,92	2,3	909,2	8,2

c) Resultados gráficos de extracción.

En el gráfico siguiente se observa como la extracción se ha realizado a la vista del perfil y evitando la zona de mayor saturación de oxígeno disuelto.

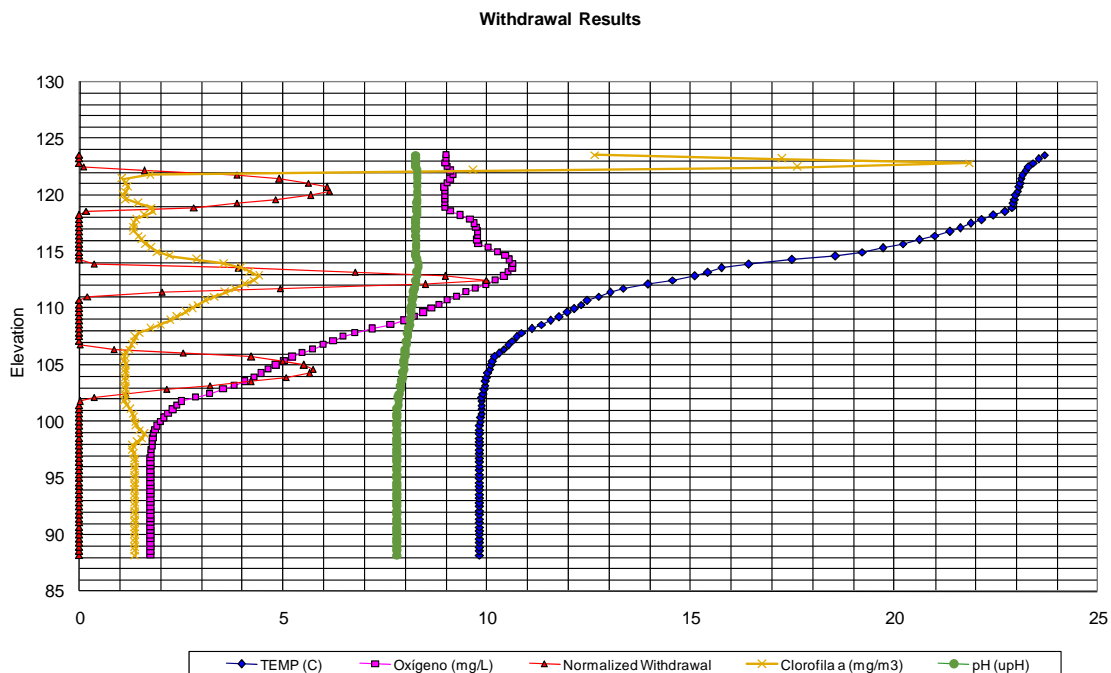


Figura 41. Resultados gráficos de extracción de agua. Condición óptima para el Día 1 de Junio_tarde de 2012.

Para el caso de las alternativas que no cumplen $[OD] > 5,5 \text{ mg/L}$ y $[Clorofila a] < 3,5 \text{ mg/m}^3$, tal y como se ha comentado anteriormente, en este caso son del orden del 40 % y el gráfico adjunto muestra una prueba de ello:

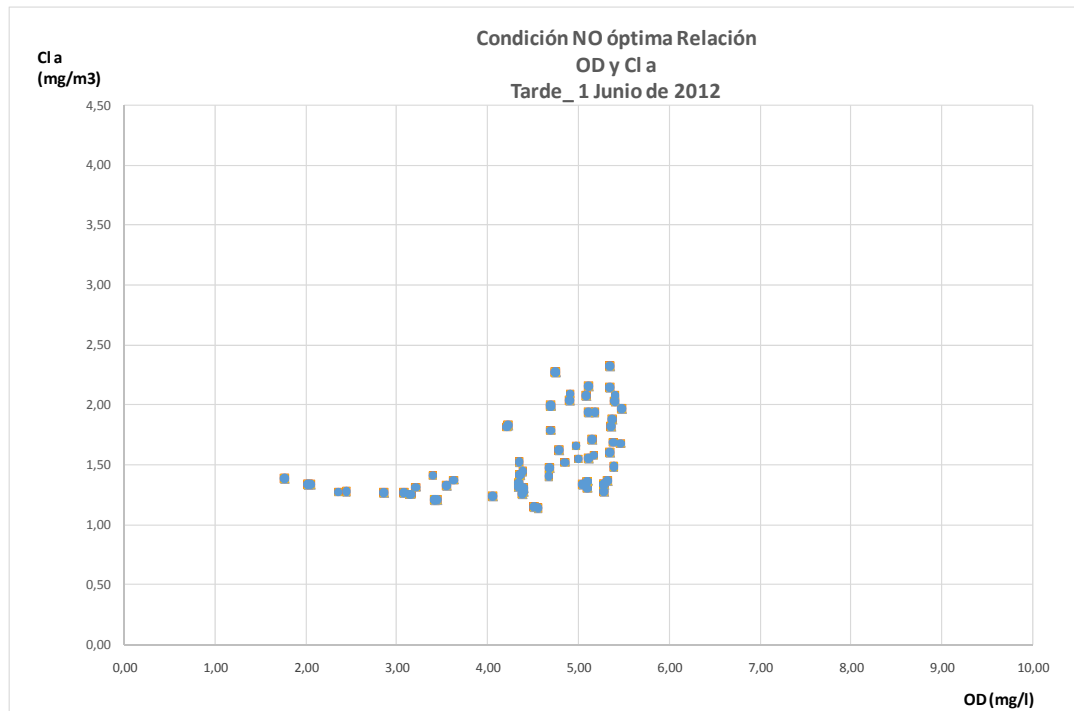


Figura 42. Alternativas que no cumplen la condición de calidad óptima establecida en la relación entre la concentración de Clorofila a (mg/m^3) y el Oxígeno disuelto (mg/l).

6.2.4.- Análisis de la noche.

Por último, se analizan los resultados observados durante la noche del día 1 de junio, y el gráfico siguiente muestra las alternativas que cumplen el condicionamiento estipulado $[OD] > 5,5 \text{ mg/L}$ y $[\text{Clorofila } a] < 3,5 \text{ mg/m}^3$.

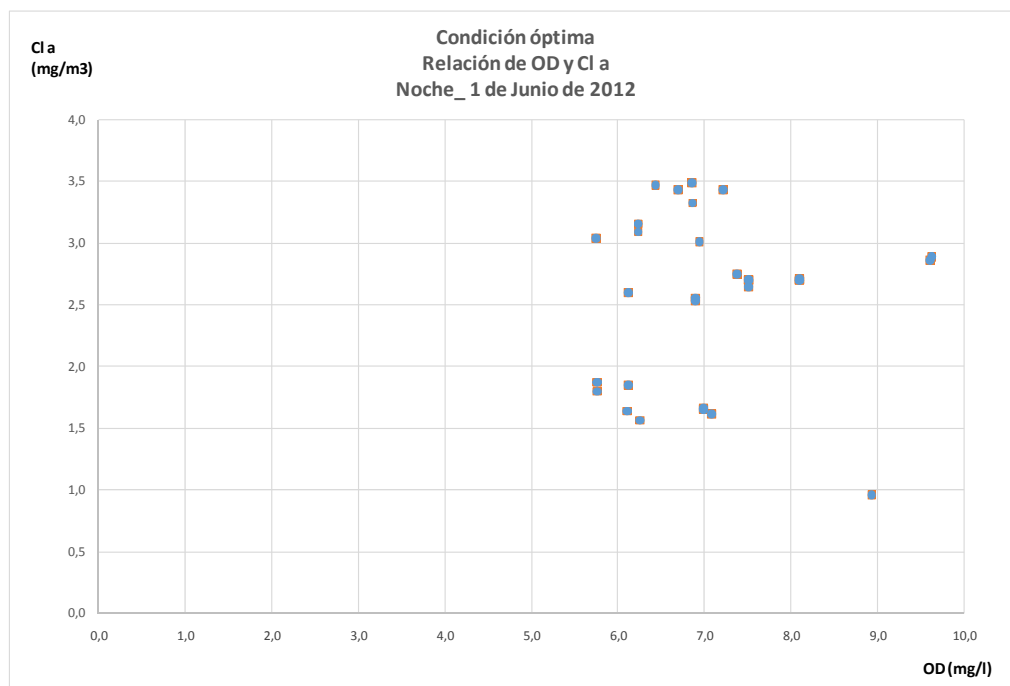


Figura 43. Alternativas óptimas en la relación entre la concentración de Clorofila a (mg/m^3) y el Oxígeno disuelto (mg/l).

Es en este momento del día en el que son menores las opciones que proporcionan una óptima calidad del agua extraída, ya que únicamente un 32% de las primeras simulaciones cumple, y en cuanto a las obtenidas mediante Montecarlo apenas alcanzan el 10%.

Observando los valores de la tabla se aprecia la dificultad de encontrar alternativas con concentración de oxígeno disuelto entre 8-9 mg/l ya que las concentraciones en su mayoría están por debajo de los 8 mg/l , destacando que las obtenidas por Montecarlo ninguna se encuentra dentro de ese intervalo. Finalmente, y optando por escoger aquella que en mayor medida cumpla con los óptimos de todos los constituyentes, se escoge para su análisis la alternativa nº 27.

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Alternativa	TEMP (C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)	Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6
						120,5	116,5	112,5	104,5	100,5	95,5
1	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
2	22,95	8,93	0,95	906,75	8,28	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	22,95	8,92	0,95	906,76	8,28	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
9	18,87	9,61	2,85	907,25	8,27	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
10	16,54	6,99	1,66	911,19	8,12	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00
11	16,42	6,13	1,85	912,55	8,07	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
23	18,87	9,62	2,88	907,28	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
24	16,87	7,09	1,61	910,94	8,13	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00	0,00
25	16,76	6,26	1,57	912,24	8,08	0,17	0,17	0,00	0,00	0,15	0,00
27	15,95	8,10	2,70	910,04	8,17	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
28	15,87	7,51	2,70	910,96	8,13	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
30	14,32	5,76	1,88	913,56	8,04	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00
(...)	(...)										
96	14,43	6,90	2,53	912,09	8,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
	15,22	6,86	3,48	912,00	8,09	0,10	0,17	0,08	0,02	0,12	0,01
	14,82	7,38	2,74	911,35	8,12	0,10	0,12	0,12	0,10	0,06	0,00
	14,25	6,43	3,46	912,80	8,07	0,10	0,11	0,06	0,11	0,09	0,02
	13,83	6,93	3,01	912,26	8,09	0,07	0,10	0,12	0,11	0,09	0,00
	12,93	5,75	3,03	914,14	8,02	0,07	0,06	0,08	0,08	0,21	0,01
	14,21	6,13	2,59	913,17	8,05	0,11	0,11	0,04	0,10	0,13	0,01
	16,57	7,22	3,42	911,08	8,13	0,16	0,12	0,07	0,03	0,09	0,02
	14,71	6,85	3,33	912,11	8,09	0,13	0,02	0,11	0,11	0,11	0,01
	13,45	6,70	3,42	912,69	8,07	0,06	0,14	0,10	0,11	0,08	0,01

Tabla 20. Alternativas que cumplen la condición óptima de calidad establecida. Día 1 de Junio_noche de 2012.

La alternativa escogida es la nº 27, por tener una temperatura no superior a 20° C, la cual exige la extracción de un caudal de 0,1665 m³/s, por tres puertos, el nº 1, 3 y 4.



a) Información correspondiente a los caudales de extracción .

Outlet and Operations Information

Port	Elevation	Flow	Withdrawal Angle
1	120,50	0,17	180,00
2	116,50	0,00	180,00
3	112,50	0,17	180,00
4	104,50	0,17	180,00
5	100,50	0,00	180,00
6	95,50	0,00	180,00

b) Parámetros de calidad del agua de extracción (Release Water Quality)

DENSITY(g/ml)	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0,99882	15,95	8,10	2,7	910,0	8,2

c) Resultados gráficos de extracción.

En la figura siguiente se observa como la extracción se ha realizado evitando la zona más profunda del hipolimnion, ya que es donde mayor actividad biológica se encuentra. Cabe destacar cómo en profundidad, los valores de oxígeno disuelto tienden a la anoxia, aunque no se alcanza, y cómo se han observado concentraciones muy elevadas de Clorofila a en profundidad, episodio que sería objeto de estudio en particular.

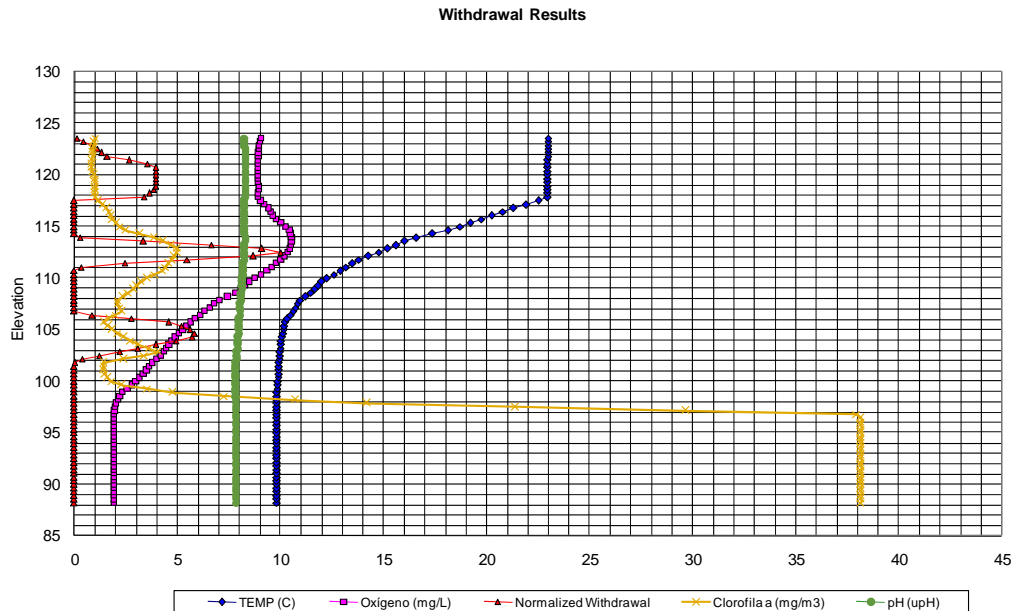


Figura 44. Resultados gráficos de extracción de agua. Condición óptima para el Día 1 de Junio_noche de 2012.

Por último, cabe destacar que es un porcentaje muy elevado el que no cumple con el condicionado, por lo que habría que evitar dichas alternativas de extracción, ya que supondrían un agua con elevada concentración de Clorofila a, o bajas concentraciones de oxígeno disuelto que dificultaría los procesos posteriores de potabilización y empeoraría la calidad de la misma. El gráfico adjunto muestra una prueba de ello:

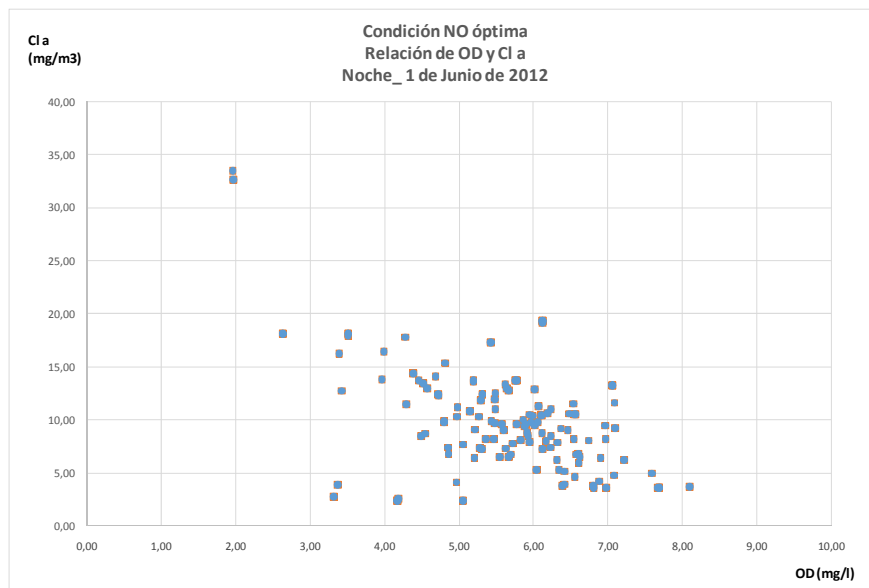


Figura 45. Alternativas que no cumplen la condición de calidad óptima establecida en la relación entre la concentración de Clorofila a (mg/m³) y el Oxígeno disuelto (mg/l).

6.3.- Análisis día 1 de Junio.

Tras haber analizado de forma pormenorizada cada uno de los momentos en los que se ha dividido el día (amanecer, mañana, tarde y noche), se desprende que de todos ellos la tarde es la que mayores opciones nos proporciona a la hora de escoger la alternativa con la que se obtendría una óptima calidad del agua de extracción, a diferencia de lo obtenido en el caso de la noche, que el porcentaje se reduce drásticamente y a penas da juego para poder elegir aquella que más convenga.

De dicho análisis también se ha podido constatar cómo las alternativas derivadas del lanzamiento Montecarlo, que realiza combinaciones aleatorias con unos porcentajes menos operativos que las primeras simulaciones, y que además contempla la extracción por todos los puertos, obtiene resultados igual de óptimos que con las primeras combinaciones en algunos de los momentos del día, y que en este trabajo en concreto han sido descartadas por el simple hecho de su falta de operatividad y por ser poco prácticas a la hora de realizar las extracciones.



A la hora de establecer una compartiva y escoger el momento del día en el que mejores resultados se han observado, en cuanto a la calidad del agua extraída, resulta un tanto complejo, ya que, tal y como muestran las matrices de las alternativas escogidas en cada momento, las concentraciones de los parámetros de calidad son muy parecidas y varían muy poco, aunque se podría destacar en términos generales la tarde, ya que tal y como se muestra en las matrices correspondientes, obviando los parámetros de CE y pH, por ser similares en todos los casos, el resto de parámetros que mejor se ajusta a los óptimos exigidos para abastecimiento serían los de la tarde.

Amanecer

DENSITY(g/ml)	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0,99766	22,57	8,83	1,1	903,9	8,3

Mañana

DENSITY(g/ml)	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0,99834	19,06	9,60	2,5	904,6	8,3

Tarde

DENSITY(g/ml)	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0,99882	15,90	7,92	2,3	909,2	8,2

Noche

DENSITY(g/ml)	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0,99882	15,95	8,10	2,7	910,0	8,2



6.4.- Comparación calidad del agua extraída mediante el procedimiento ordinario de extracción y la presente metodología.

Resulta interesante hacer una comparativa de los resultados obtenidos mediante la aplicación de esta herramienta, objeto del presente trabajo, y los obtenidos aplicando las reglas de gestión que a día de hoy se llevan a cabo en el embalse de Amadorio.

Tras haber consultado las normas de explotación del embalse de Amadorio, y más concretamente cómo se realizan las extracciones destinadas al abastecimiento, éstas por regla general se realizan desde el puerto inmediatamente inferior a la cota de lámina de agua que en ese momento se encuentre en el embalse, por lo que podría decirse de forma generalizada, que normalmente extraen de superficie.

A efectos de realizar dicha comparativa, entre la aplicación de la metodología desarrollada en el presente trabajo y la que se realizade de forma habitual, se va escoger un día al azar del período estival, por ejemplo el 15 de agosto_tarde de 2010, y partiendo de la información general de entrada para ese día y con los perfiles de los distintos constituyentes observados se procede a su análisis.

- Información de entrada:

General Information

Example 2

15-ago-2010

Title	Example 2	Title of simulation (less than 30 characters)		
Day	15	Day (1-31)		
Month	8	Month (1-12)		
Year	2010	Year (4 digits)		
WSE	120,52	Water Surface Elevation		
LBE	88,00	Lake Bottom Elevation		
Units	9,81	English 32.2 or Metric 9.81		

- Perfiles de calidad observados en ese día:

Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	27,63	8,21	1,00	973,94	8,21
1	27,36	8,39	1,97	971,20	8,19
2	27,19	8,44	1,83	971,78	8,19
3	27,07	8,34	2,06	972,65	8,19
4	27,02	8,27	2,22	973,04	8,19
5	26,94	8,31	1,77	972,93	8,18
6	26,89	8,42	1,32	972,60	8,17
7	24,84	13,72	3,23	941,34	8,19
8	21,24	17,23	3,85	916,94	8,21
9	16,82	16,43	3,84	915,83	8,21
10	14,78	13,52	3,61	928,04	8,15
11	13,72	9,42	3,75	947,97	7,97
12	13,16	7,43	3,94	948,38	7,91
13	12,60	4,76	3,12	952,02	7,76
14	12,22	3,08	2,80	952,07	7,69
15	12,00	1,74	2,06	953,19	7,65
16	11,82	0,96	1,59	954,10	7,61
17	11,68	0,31	1,25	953,45	7,57
18	11,62	0,07	1,87	952,63	7,55
19	11,55	0,00	1,37	950,64	7,53
20	11,55	0,00	1,93	949,65	7,53
21	11,51	0,00	1,59	948,93	7,53
22	11,47	0,00	1,84	947,39	7,53
23	11,46	0,00	1,25	946,61	7,53
24	11,46	0,00	1,28	945,40	7,53
25	11,46	0,00	1,50	944,53	7,53
26	11,46	0,00	2,08	943,27	7,53
27	11,46	0,00	1,85	942,50	7,55
29	11,46	0,00	1,80	941,80	7,55

Tabla 21. Perfiles de calidad observados durante el día 15 de Agosto_tarde de 2010.



A continuación se detallan los resultados obtenidos con ambos procedimientos, y se comparan las calidades del agua de extracción:

A. Procedimiento de extracción ordinario en el embalse de Amadorio:

Tal y como se ha descrito anteriormente, el procedimiento a seguir consiste en extraer el agua por el puerto inmediatamente inferior a la cota de la lámina de agua en la que se encuentre en el momento de la extracción. Como se ha detallado en la tabla anterior, la cota de la lámina de agua en el día 15 de agosto de 2010, se encuentra en 120,52 m.s.n.m, por lo que se seleccionará para la extracción del agua el puerto nº 2.

- Información correspondiente a los caudales de extracción.

Se realizará la extracción del caudal objetivo de 0,5 m³/s por el puerto nº 2, tal y como se muestra en la tabla siguiente:

Outlet and Operations Information

Port	Elevation	Flow	Withdrawal Angle
1	120,50	0,00	180,00
2	116,50	0,50	180,00
3	112,50	0,00	180,00
4	104,50	0,00	180,00
5	100,50	0,00	180,00
6	95,50	0,00	180,00

- Parámetros de calidad del agua de extracción (Release Water Quality)

Tras el cálculo correspondiente, se obtiene la siguiente matriz de resultados con los parámetros de calidad del agua extraída.

DENSITY(g/ml)	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0,99794	21,36	17,12	3,8	917,9	8,2

- Resultados gráficos de extracción.



Figura 46. Resultados gráficos de extracción de agua, mediante el procedimiento A). Día 15 de Agosto_tarde de 2012.

B. Procedimiento de extracción selectiva mediante aplicación de la metodología desarrollada SELECT:

En este caso se procede a desarrollar la metodología descrita en apartados anteriores, partiendo de los mismos datos de entrada que para el caso A), y tras analizar de forma manual los resultados obtenidos y las posibles alternativas que darían una calidad óptima de las aguas de extracción, se escoge una de ellas.

- Información correspondiente a los caudales de extracción .

La alternativa escogida requiere la extracción de un caudal de $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$, por dos puertos que son el nº 3 y el nº 5.

Outlet and Operations Information

Port	Elevation	Flow	Withdrawal Angle
1	120,50	0,00	180,00
2	116,50	0,00	180,00
3	112,50	0,25	180,00
4	104,50	0,00	180,00
5	100,50	0,25	180,00
6	95,50	0,00	180,00

- Parámetros de calidad del agua de extracción (Release Water Quality)

DENSITY(g/ml)	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0,99878	16,30	8,18	2,7	935,9	7,9

- Resultados gráficos de extracción.

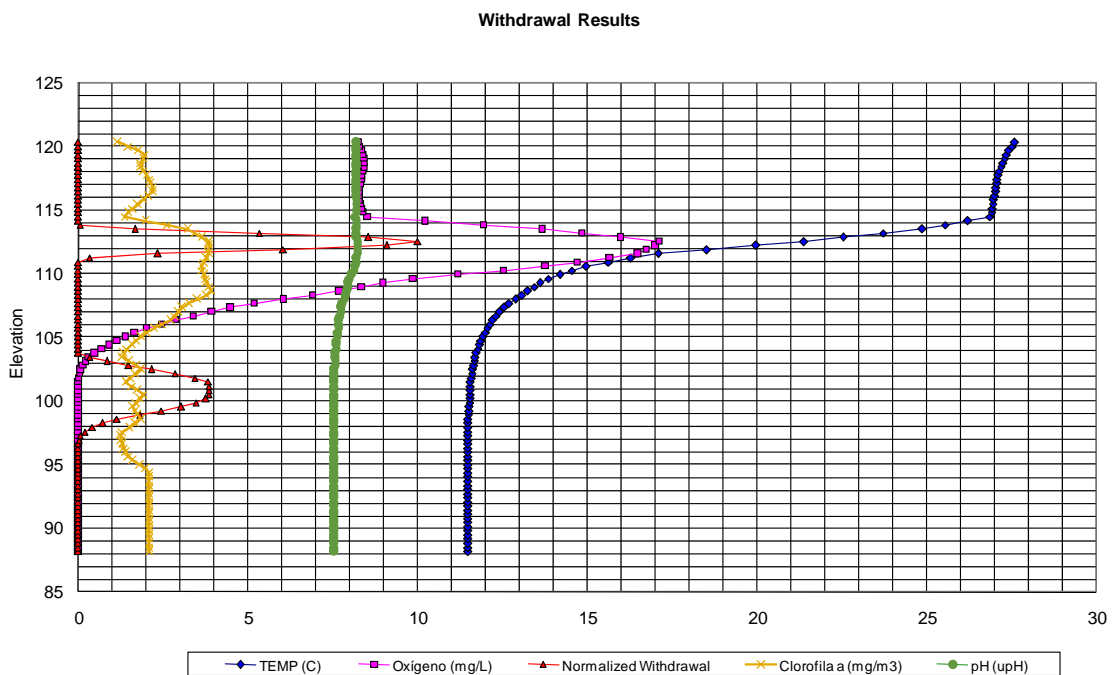


Figura 47. Resultados gráficos de extracción de agua mediante el procedimiento B). Día 15 de Agosto_tarde de 2010.

Tras la obtención de los datos de calidad mediante la aplicación de ambos procedimientos de extracción, se procede a analizar y comparar los resultados obtenidos:



Se constata una mejora en la calidad del agua extraída mediante la aplicación de la metodología objeto del presente trabajo, ya que con el otro procedimiento se estaría extrayendo agua del metalimnion, donde la concentración de oxígeno disuelto es mayor, así como la concentración de la clorofila a , aunque en este caso muy ligeramente superior, pero sí se obtendría un agua con mayor temperatura, superior a 20 °C, lo que dificultaría también los procesos posteriores de potabilización, debido a la mayor inestabilidad de los desinfectantes a altas temperaturas.

Sin embargo, aplicando el método que se ha desarrollado en el presente trabajo, en el que previamente se seleccionan aquellas alternativas que cumplen un condicionado en cuanto a los parámetros de Cl a y OD, permite hacer una extracción selectiva por varios puertos, y en este caso en concreto se optaría por extraer un caudal de 0,25 m³ /s por los puertos nº 3 y nº5, con el objeto de obtener unos resultados óptimos de calidad, tal y como se muestra en la matriz correspondiente, donde todos los parámetros se encuentran dentro de los intervalos óptimos para la potabilización.

Como conclusión, cabría destacar en pro de la metodología que se sigue a día hoy en el embalse de Amadorio, que estableciendo como regla de gestión la de extraer en superficie, salvo en ocasiones puntuales como fue el período de febrero a Junio de 2011, en el que tuvo lugar un episodio de Blooms de algas, y había que evitar extraer en superficie, en el resto de casos, y tras haber estudiado la evolución de la calidad del embalse durante tres años consecutivos, los perfiles de calidad de los diferentes parámetros nos muestran que en la mayoría de los casos es en superficie la mejor opción de extracción, ya que de este modo se evita extraer de zonas del embalse con mayor actividad biológica, o zonas anóxicas del fondo del embalse.

6.5.- Aplicación a otros días.

En el presente trabajo no se ha hecho un análisis pormenorizado de todos los días en los que se ha aplicado esta metodología, ya que como se detalla al inicio del documento, se han estudiado los meses correspondientes al período estival de los años 2010-2011 y 2012 (Junio-Julio-Septiembre), siendo elevado el número de datos con los que se ha trabajado,

de ahí que el análisis de resultados realizados haya basado en un día concreto de dicho período. Si bien, en el Anejo 5 se muestran algunos de los resultados obtenidos para el resto del período, en forma gráfica y mediante tablas.

Pese a no haber realizado un análisis exhaustivo de todos los días, por el elevado volumen que ello implica, cabe destacar algunas de las peculiaridades observadas:

- Casos en los que se obtienen resultados erróneos tras el lanzamiento de simulaciones:

Como se puede observar en la tabla de resultados siguientes, correspondiente al análisis del mes de Agosto_2010 (promedio mañana), se obtienen alternativas en las que no aparecen los valores de las concentraciones, si no que da error, ello es debido a que, en este caso en concreto la cota de la lámina de agua del embalse se encuentra a la misma altura que el primer puerto de extracción, por lo que todos las alternativas que de forma aleatoria contemplan la extracción de un caudal determinado por ese puerto, resulta erróneo.

Alternativa	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)	Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6	Condición
						120,50	116,50	112,50	104,50	100,50	95,50	
1	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	
2	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#iNUM!
3	#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	#iDIV/0!
4	20,63	17,51	4,43	913,78	8,20	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0
5	11,85	0,99	2,61	950,97	7,63	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0
6	11,57	0,04	2,25	947,43	7,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0
7	11,50	0,00	2,29	942,52	7,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0
8	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	#iNUM!
9	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	#iNUM!
10	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	#iNUM!
11	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	#iNUM!
12	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	#iNUM!
13	20,62	17,84	4,48	912,19	8,20	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0
14	11,83	0,86	2,55	951,13	7,62	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0
15	11,56	0,02	2,24	947,34	7,55	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0
16	11,50	0,00	2,31	942,57	7,56	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0
17	16,23	9,35	3,52	931,66	7,91	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00	0

*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

18	16,09	8,93	3,36	929,76	7,87	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00	0
19	16,06	8,92	3,39	927,38	7,88	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0
20	11,70	0,44	2,40	949,23	7,58	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0
21	11,67	0,43	2,43	946,85	7,59	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0
22	11,53	0,01	2,27	944,95	7,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	0
23	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	#iNUM!
24	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00	0,00	#iNUM!
25	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,17	0,00	0,00	0,15	0,00	#iNUM!
26	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17	#iNUM!
27	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	#iNUM!
28	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00	#iNUM!
29	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17	#iNUM!
30	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	#iNUM!
31	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17	#iNUM!
32	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	#iNUM!
33	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	#iNUM!
34	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	#iNUM!
35	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17	#iNUM!
36	16,22	9,39	3,51	931,45	7,91	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0
37	16,32	9,46	3,42	928,56	7,89	0,00	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00	0
38	16,06	8,98	3,40	927,12	7,88	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0
39	11,70	0,42	2,39	949,27	7,58	0,00	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0
40	11,67	0,41	2,43	946,90	7,59	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0
41	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	#iNUM!
42	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	#iNUM!
43	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	#iNUM!	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00	#iNUM!

Tabla 22. Alternativas tras la simulación con resultados erróneos.



7. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES FINALES.

En este trabajo se ha realizado un análisis de la extracción selectiva en el embalse de Amadorio (Alicante), mediante la utilización de la multitoma existente y tras la aplicación de una herramienta informática desarrollada para optimizar las sueltas del embalse con criterios de obtener la mejor calidad del agua posible. La importancia de dicha aplicación en este embalse se debe a su utilidad de abastecimiento a la población de Villajoyosa y Benidorm en períodos punta. La herramienta utilizada ha sido SELECT, y el modelo desarrollado ha sido programado en el lenguaje Visual Basic para Aplicaciones (VBA).

Previamente, se ha realizado un análisis exhaustivo de la calidad del embalse, analizando la evolución de los parámetros siguientes: temperatura, oxígeno disuelto, Clorofila a, pH y conductividad eléctrica, en el período de estudio que comprende los años 2010, 2011 y 2012, y más concretamente centrado en el periodo estival, que es el momento de mayor demanda.

A continuación se resumen los aspectos más destacados del presente trabajo.

En cuanto a la situación anterior a la instalación de la multitoma del embalse:

Anteriormente a la instalación de la multitoma en el embalse de Amadorio, éste contaba con cuatro órganos de desagüe: aliviadero, desagüe de fondo, toma superior y toma inferior, cuyas características se han descrito en el apartado 2. En consecuencia, la gestión del embalse en ese momento se realizaba a través de las dos tomas, con el inconveniente que debido a que estaban bastante profundas, la extracción del agua se realizaba del hipolimnion, sin dar ningún margen de operación en la mejora de la calidad del agua de salida.

Para paliar esta situación, se instaló una multitoma que aumentaba el número de salidas desde el embalse de dos a ocho entre las cotas 90 y 120,5, permitiendo así una mayor flexibilidad a la hora de elegir la calidad del agua de salida del embalse. Sin embargo, las diferencias que se presentan entre los perfiles de concentraciones de los distintos



constituyentes imposibilitaban garantizar en todo momento que las sueltas realizadas representaban la calidad óptima para todos ellos a la vez, lo que supuso la búsqueda de un compromiso en función de la importancia de los diferentes constituyentes para el uso del abastecimiento.

Cuando la selección de la estructura de extracción únicamente está sujeta a un solo objetivo de calidad del agua en general, es un problema tratable. Sin embargo, cuando se identifican múltiples objetivos de calidad del agua, la operación apropiada no puede ser fácilmente identificada, lo que requiere de un modelo de apoyo a decisiones más sofisticado, de ahí surge el modelo numérico llamado SELECT, que ha sido la base fundamental de este trabajo, para optimizar las sueltas del embalse de Amadorio con criterios de obtener la mejor calidad del agua posible.

La extracción selectiva es un proceso de transporte que tiene que ver con la estructura térmica y la calidad del agua, el cual está en función, entre otras, de la posición y tamaño de las compuertas para generación de energía y de ello dependerá el tipo de agua que será evacuada del embalse, y por lo tanto, la calidad del agua que permanecerá en ella. Con este trabajo se ha conseguido demostrar que dicha herramienta subsanará uno de los principales problemas a los que hoy en día se enfrentan los responsables de la explotación de un embalse estratificado, como es la operación diaria o a corto plazo, que han de realizar mediante una estructura de extracción selectiva para obtener una calidad del agua en cumplimiento a la normativa específica para el uso al que será destinada.

Con ello, se ha permitido realizar un análisis “a escala de tiempo real”, teniendo en cuenta los perfiles de concentraciones a lo largo de la columna de agua en cada momento y para un caudal objetivo establecido, y como resultado, se han obtenido una serie de alternativas con diferentes posibilidades de extracción, a partir de la combinación de apertura de puertos, las cuales han proporcionado una matriz con resultados de las concentraciones de los diferentes constituyentes, en base a las cuales se escoge aquella que mejor calidad de agua de salida proporcione.



Otro de los beneficios ante los que nos encontramos es que tal y como se ha desarrollado el modelo, resulta de fácil aplicación y por tanto aumenta su interés en cuanto a la posibilidad de ser utilizado a nivel de usuario, sin necesidad de tener grandes conocimientos en cálculos numéricos, simplemente el manejo de la aplicación informática desarrollada en hoja de cálculo Excel.

Por otro lado, cabe mencionar que no solamente su importancia va a radicar en el hecho de poder escoger la alternativa que proporcione un agua de salida con mejores calidades, que es el objetivo principal, sino que esto se va a traducir en un ahorro económico cuando posteriormente este agua pase a ser tratada en la Estación Potabilizadora de Aguas (ETAP) correspondiente, ya que, en el caso de embalses con graves problemas de eutrofización, como ha sido el embalse objeto de este estudio, si no pudiera llevarse a cabo una gestión en tiempo real, y pudiera aplicarse la extracción selectiva, se obtendrían en algunos momentos del año aguas con elevadas concentraciones de algas, de oxígeno disuelto, etc..., las cuales dificultarían los procesos de tratamientos de las plantas potabilizadoras al obstruir los filtros, o se obtendrían aguas de baja calidad y con malos olores y altos contenidos de compuestos no deseables para el abastecimiento, lo que conllevaría al encarecimiento del proceso.

En cuanto a las simulaciones realizadas:

Tras la realización de los análisis temporales, se ha podido demostrar la importancia de llevar a cabo una extracción selectiva en el embalse, mediante la aplicación de la metodología desarrollada en el presente trabajo, ya que partiendo de las alternativas obtenidas tras las simulaciones, y en función de los objetivos de calidad a alcanzar y mediante la combinación de puertos de extracción, se mejora de una forma significativa la calidad del agua de salida.

De dicho análisis se desprende en relación a los siguientes extremos que:

- Establecimiento de una regla general de extracción: a priori, no puede establecerse una regla general de extracción, ya que como bien se ha desarrollado anteriormente,



esta metodología lo que va a permitir es una gestión en tiempo real, mejorando las reglas de gestión existentes basadas en la época del año.

- Número de puertos de extracción: se ha podido demostrar cómo resulta más beneficioso, desde el punto de vista del resultado final de calidad del agua extraída, el hecho de combinar la extracción por más de un puerto. Si bien, este punto daría lugar a un profundo análisis del mismo, que conllevaría a un estudio pormenorizado de la influencia del número de puertos de extracción en la calidad final del agua.
- Influencia sobre la calidad del agua extraída en función del momento del día: tras el análisis de los resultados obtenidos en los diferentes momentos del día, se llega a la conclusión de que se observa una mejoría al realizar la extracción en un momento concreto del día. Si bien, esto está asociado en gran medida al elevado número de alternativas posibles que ofrecía dicho momento, permitiendo por tanto un mayor margen a la hora de escoger la alternativa que resultase más práctica y operativa desde el punto de vista del explotador. Por lo que, con respecto a este punto habría que analizar cada caso en concreto y por tanto no se puede generalizar y establecer un momento del día óptimo de extracción, que sirva para todos los días del año.
- Existencia de un depósito de regulación en la estación de potabilización: este punto tiene una vinculación expresa con el punto anterior, y únicamente sería posible llevar a cabo esta regla de gestión, en aquellas estaciones de potabilización de agua que dispusieran de depósitos de regulación antes de la planta de oxidación, y que por tanto, permitieran extraer agua del embalse en los mejores momentos del día y así mejorar la calidad. No todas las plantas potabilizadoras cuentan con estos depósitos de regulación, por lo que sería interesante ahondar en esta posibilidad a fin de optimizar el proceso de potabilización posterior.
- Medidas eficaces en el control de la eutrofia: la extracción de agua a diferentes niveles del embalse, representa una de las medidas eficaces en el control de la eutrofia, con una capacidad correctora, que podría sustituir otras técnicas que en la



actualidad se llevan a cabo, como es la inyección controlada de aire, oxígeno o agua en el hipolimnion, las cuales resultan bastante costosas, y complejas, llegando incluso a tener un efecto contrario al buscado (por ejemplo, si se resuspenden sedimentos (y materia orgánica) y se rompe la estratificación térmica de la columna de agua, alimentando la zona fótica con más nutrientes).

Como conclusión, cabe destacar que este trabajo es un punto de partida para la aplicación de la extracción selectiva en embalses estratificados que requieran de una gestión en tiempo real, y de una óptima calidad del agua, y su importancia no sólo estriba en lo socioeconómico, en cuanto a garantizar las demandas de agua en las mejores condiciones de calidad, sino que es también ecológico, puesto que se mejoran las condiciones de conservación de las especies acuáticas y se aumenta la biodiversidad, frenando la propagación del problema a ecosistemas fluviales y también estuarios situados aguas abajo del embalse.



8. BIBLIOGRAFÍA

Arquiola, J. P. (Octubre de 2004). *Integración de la Modelación de la Calidad del Agua en us Sistema de ayuda a la decisión para la gestión de recursos hídricos*. Tesis Doctoral. Valencia : UPV. Esc. Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente

Agustín P. Monteoliva, A.; Muñoz Bellido, C. (2000). *La gestión limnológica y el mantenimiento de la integridad ecológica en los embalses*. Revista O.P. Obras Públicas. (51):60-69, 19 Ref.

Bluhm Gutiérrez, J. (2008). *Modelación unidimensional de la calidad del agua en embalses. Análisis comparativo de modelos y multivariantes*. Valencia : Universitat Politècnica de València.

Correcher E., Vicente E., Miracle R., Camacho A., (1997). *Investigación, estudio y control de la calidad de las aguas en el embalse de Amadorio y otros, en periodos de niveles bajos de aguas. Informe final*. Confederación Hidrográfica del Júcar. Ministerio de Medio Ambiente.

Chapra, S., (1997). *Surface Water-Quality Modeling*.

CHJ. (2014). *Plan Hidrológico de la Cuenca del Júcar*. Confederación Hidrográfica del Júcar. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Datos hidrología embalse de Amadorio. Disponible en:

<http://hercules.cedex.es/anuarioaforos>

Estrela T., Marcuello C., Dimas M., (2000). *Las aguas continentales en los países mediterráneos de la Unión Europea*. Ministerio de Fomento, Ministerio de Medio Ambiente, CEDEX, Secretaria de Estado de Aguas y Costas, Ud. de Desarrollo Territorial.



James L. Martin, S. C. (December 15, 1998). *Hydrodynamics and Transport for Water Quality Modeling*. CRC Press.

Largo Gaviria, Daniel C. (2011). *Caracterización espacio – temporal de la estructura térmica del embalse Porce II*. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín Facultad de Minas, Escuela de Geociencias y Medio Ambiente Medellín, Colombia.

Libro blanco del agua en España. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, Secretaria de Estado de Aguas y Costas. (2000)

M.L. Serrano Pérez, A. C. (1994-1995). *Estudio por Teledetección de la Evolución del estado trófico de tres embalses del ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar en el periodo estival de los años 1994 y 1995*. Madrid : Centro de Estudios Hidrográficos, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Martin Monerris, M., Marzal Domenech, P.(1999). *Modelación de la calidad del agua*. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

Palau Ibars, A. (2003). *Medidas de gestión y adecuación ambiental de embalses frente a la eutrofia*. Tarragona: Departamento de Medio ambiente y Desarrollo Sostenible.

Paredes Arquiola, J., Martin Monerris, M., (2006b). Tomo III. *Estudio de la calidad ambiental de las aguas en el Embalse de Amadorio*. Propuesta de actuaciones. Universidad Politécnica de Valencia.

Rubio López, C. (Marzo 2009). *Análisis y estimación de la evolución térmica del embalse de Amadorio con un modelo hidrodinámico*. Valencia: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

9. ANEXOS



9.1.- ANEJO 1. Tabla del Anejo I del Real Decreto 1541/1994, de 8 de julio, por el que se modifica el anexo I del Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica aprobado por el Real Decreto 927/1988, de 29-7-1988 (BOE núm. 179, de 28 de julio de 1994).

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Tabla

Parámetro	Unidad	Tipo A1	Tipo A2	Tipo A3
pH	-	(6,5 - 8,5)	(5,5 - 9)	(5,5 - 9)
Color (O)	Escala Pt	20	100	200
Sólidos en suspensión	mg/l	(25)	-	-
Temperatura (O)	°C	25	25	25
Conductividad a 20 °C	µS/cm	(1.000)	(1.000)	(1.000)
Nitratos (O) (*)	mg/l NO ₃	50	50	50
Fluoruros (1)	mg/l F	1,5	(0,7 / 1,7)	(0,7 / 1,7)
Hierro disuelto	mg/l Fe	0,3	2	(1)
Manganeso	mg/l Mn	(0,05)	(0,1)	(1)
Cobre	mg/l Cu	0,05 (O)	(0,05)	(1)
Zinc	mg/l Zn	3	5	5
Boro	mg/l B	(1)	(1)	(1)
Arsénico	mg/l As	0,05	0,05	0,1
Cadmio	mg/l Cd	0,005	0,005	0,005
Cromo total	mg/l Cr	0,05	0,05	0,05
Plomo	mg/l Pb	0,05	0,05	0,05
Selenio	mg/l Se	0,01	0,01	0,01
Mercurio	mg/l Hg	0,001	0,001	0,001
Bario	mg/l Ba	0,1	1	1
Cianuros	mg/l CN	0,05	0,05	0,05
Sulfatos (**)	mg/l SO ₄	250	250 (O)	250 (O)
Cloruros (**)	mg/l Cl	(200)	(200)	(200)
Detergentes	mg/l (lauril-sulfato)	(0,2)	(0,2)	(0,5)
Fosfatos (*) (2)	mg/l P ₂ O ₅	(0,4)	(0,7)	(0,7)
Fenoles	mg/l C ₆ H ₅ OH	0,001	0,005	0,1
Hidrocarburos disueltos o emulsionados (tras extracción en éter de petróleo)	mg/l	0,05	0,2	1
Carburos aromáticos policíclicos	mg/l	0,0002	0,0002	0,001
Plaguicidas totales	mg/l	0,001	0,0025	0,005
DQO (*)	mg/l O ₂	-	-	(30)
Oxígeno disuelto (*)	% satur	(70)	(50)	(30)
DBO ₅ (*)	mg/l O ₂	(3)	(5)	(7)
Nitrógeno Kjeldahl	mg/l N	(1)	(2)	(3)
Amoniaco	mg/l NH ₄	(0,05)	1,5	4 (O)
Sustancias extraíbles con cloroforno	mg/l SEC	(0,1)	(0,2)	(0,5)
Coliformes totales 37 °C	100 ml	(50)	(5.000)	(50.000)
Coliformes fecales	100 ml	(20)	(2.000)	(20.000)
Estreptococos fecales	100 ml	(20)	(1.000)	(10.000)
Salmonellas	-	Ausente en 5.000 ml	Ausente en 1.000 ml	-

| | Subíndice

(1) Los valores indicados constituyen los límites superiores determinados en función de la temperatura media anual (temperatura elevada y temperatura baja).

(2) Se incluye este parámetro para cumplir los requisitos ecológicos de determinados medios.

(**) Salvo que no existan aguas más aptas para el consumo.

Nota: Las cifras paréntesis se tomarán como valores indicativos deseables con carácter provisional.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

máster en ingeniería
hidráulica y medio ambiente
mihma

*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

9.2.- ANEJO 2. Tabla de la dependencia de la concentración de oxígeno disuelto respecto a la temperatura del agua (Bain y Stevenson 1999)



El OD se puede expresar en miligramos por litro (mg/L) o en porcentaje de saturación (%). La primera de las opciones expresa directamente la masa de oxígeno por litro de agua, mientras la segunda se expresa como el porcentaje de la concentración de saturación para determinada temperatura (tabla x). Como ejemplo a 14°C el agua disuelve aproximadamente 10 mg/L de O₂. Si se determina que a esa temperatura la [OD] es de 5 mg/L el porcentaje de saturación será de 50%.

Temperatura (°C)	OD (mg/L)
0	14.16
1	13.77
2	13.40
3	13.05
4	12.70
5	12.37
6	12.06
7	11.76
8	11.47
9	11.19
10	10.92
11	10.67
12	10.43
13	10.20
14	9.98
15	9.76
16	9.56
17	9.37
18	9.18
19	9.01
20	8.84
21	8.68
22	8.53
23	8.38
24	8.25
25	8.11
26	7.99
27	7.86
28	7.75
29	7.64
30	7.53
31	7.42
32	7.32
33	7.22
34	7.13
35	7.04

Tabla x. Dependencia de la concentración de oxígeno disuelto respecto a la temperatura del agua (Bain y Stevenson 1999)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

9.3.- ANEJO 3. Código (VBA)



```
Sub PROGRAMA_PRINCIPAL()  
Call CALCULA  
Call LANZAMONTECARLO  
End Sub
```

```
Sub CALCULA()  
    Dim NumPruebasAs Long  
    Dim iAs Long  
    NumPruebas = Sheets("Output").Cells(1, 19).Value  
    For i = 1 To NumPruebas  
        Sheets("Output").Cells(3, 18).Value = i  
        Application.CalculateFull  
    Call CopiaPEgaResultados  
    Next i  
End Sub
```

```
Sub CopiaPEgaResultados()  
    Sheets("Output").Select  
    Range("C27").Select  
    Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select  
    Selection.Copy  
    Range("C32").Select  
    Selection.End(xlDown).Select  
    ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select  
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
        :=False, Transpose:=False  
    Range("M7").Select  
End Sub
```

```
Sub LANZAMONTECARLO()  
    Dim Valores(6) As Double  
    Dim SumValAs Double  
    Dim iAs Long  
    Dim j As Long  
    Randomize  
    Sheets("Output").Cells(3, 18).Value = 0  
  
    For j = 1 To 100  
        SumVal = 0  
        For i = 1 To 6  
            Valores(i) = Rnd  
            SumVal = SumVal + Valores(i)  
        Next i  
        For i = 1 To 6
```




```
Valores(i) = Valores(i) / SumVal
Sheets("Output").Cells(4, 18 + i).Value = Valores(i)
Next i
Application.CalculateFull
Call CopiaPEgaResultados
Next j
End Sub

Sub Limpieza()
Range("C34").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.ClearContents
Range("C34").Select
End Sub
```



9.4.- ANEJO 4. Tablas completas relativas a las alternativas de extracción de agua obtenidas para el día 1 de Junio del 2012, analizadas en el apartado 6.



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

Análisis de la mañana

Alternativa	TEMP (C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)	Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6
						120,5	116,5	112,5	104,5	100,5	95,5
1	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
2	22,80	8,89	1,12	903,57	8,28	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	22,81	8,89	1,12	903,48	8,28	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
9	18,94	9,65	2,57	904,48	8,27	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
10	18,85	9,64	2,62	904,74	8,27	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00
11	18,85	9,64	2,62	904,74	8,27	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
12	18,85	9,64	2,62	904,74	8,27	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
23	18,93	9,65	2,58	904,50	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
24	19,06	9,60	2,54	904,65	8,27	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00	0,00
25	19,06	9,60	2,54	904,65	8,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,15	0,00
26	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17
27	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
28	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
29	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
30	17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00
31	17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17
32	18,93	9,65	2,58	904,50	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
33	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00
34	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00
35	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17
41	18,93	9,65	2,58	904,50	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
42	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
43	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
44	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
50	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00
51	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
52	17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00
53	17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17
59	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00
60	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
61	17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00
62	17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17
68	18,86	9,64	2,62	904,72	8,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17
69	17,58	9,90	3,09	905,00	8,27	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
70	17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

71
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
93
94
95
96



M
O
N
T
E
C
A
R
L
O

17,54	9,89	3,12	905,15	8,27	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17
17,58	9,89	3,10	905,01	8,27	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00
17,58	9,89	3,10	905,01	8,27	0,13	0,13	0,13	0,00	0,13	0,00
17,58	9,89	3,10	905,01	8,27	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00	0,13
17,54	9,89	3,12	905,14	8,27	0,13	0,13	0,00	0,13	0,00	0,13
17,54	9,89	3,12	905,14	8,27	0,13	0,13	0,00	0,13	0,13	0,00
17,54	9,89	3,12	905,14	8,27	0,13	0,13	0,00	0,00	0,13	0,13
16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,13	0,00	0,13	0,13	0,00	0,13
16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,13	0,00	0,13	0,13	0,13	0,00
16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,13	0,00	0,13	0,00	0,13	0,13
16,88	10,01	3,38	905,36	8,27	0,13	0,00	0,00	0,13	0,13	0,13
16,88	10,01	3,37	905,35	8,27	0,10	0,10	0,00	0,10	0,10	0,10
16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10	0,10
16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10
16,91	10,02	3,36	905,26	8,27	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
17,53	9,90	3,12	905,08	8,27	0,15	0,04	0,10	0,06	0,13	0,02
17,66	9,86	3,08	905,10	8,27	0,13	0,11	0,00	0,12	0,04	0,09
17,22	9,95	3,24	905,22	8,27	0,11	0,11	0,04	0,17	0,05	0,02
16,93	10,00	3,35	905,32	8,27	0,10	0,12	0,03	0,10	0,07	0,09
18,39	9,73	2,80	904,83	8,27	0,21	0,02	0,08	0,11	0,05	0,02
17,39	9,94	3,16	904,99	8,27	0,15	0,02	0,22	0,03	0,01	0,07
17,48	9,91	3,14	905,05	8,27	0,13	0,10	0,12	0,09	0,05	0,00
16,87	10,02	3,37	905,34	8,27	0,10	0,11	0,03	0,18	0,03	0,05
16,64	10,06	3,47	905,42	8,26	0,11	0,01	0,03	0,16	0,07	0,11
16,68	10,06	3,44	905,34	8,27	0,09	0,09	0,10	0,10	0,08	0,03
17,12	9,98	3,28	905,18	8,27	0,11	0,11	0,11	0,05	0,08	0,03
16,85	10,02	3,38	905,34	8,27	0,11	0,04	0,05	0,10	0,04	0,16
16,60	10,07	3,48	905,39	8,26	0,08	0,11	0,07	0,12	0,08	0,03
16,76	10,05	3,41	905,30	8,27	0,06	0,23	0,08	0,03	0,02	0,08
18,20	9,78	2,86	904,81	8,27	0,16	0,12	0,12	0,01	0,01	0,08
17,09	9,99	3,29	905,17	8,27	0,12	0,07	0,14	0,04	0,02	0,12
16,76	10,04	3,42	905,37	8,26	0,09	0,13	0,04	0,03	0,14	0,07
16,97	10,01	3,33	905,22	8,27	0,10	0,11	0,11	0,08	0,06	0,04
17,91	9,82	2,98	904,99	8,27	0,16	0,07	0,06	0,11	0,02	0,08
17,94	9,82	2,96	904,92	8,27	0,13	0,16	0,10	0,05	0,06	0,01
17,09	9,98	3,29	905,21	8,27	0,13	0,04	0,11	0,06	0,16	0,01
16,79	10,03	3,41	905,37	8,26	0,11	0,03	0,04	0,12	0,11	0,10
16,64	10,06	3,46	905,39	8,26	0,08	0,13	0,06	0,05	0,10	0,08

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

16,64	10,07	3,46	905,32	8,27	0,09	0,06	0,14	0,06	0,10	0,05
17,75	9,85	3,04	905,06	8,27	0,16	0,06	0,03	0,07	0,08	0,10
17,75	9,85	3,04	905,04	8,27	0,14	0,12	0,06	0,08	0,00	0,11
16,87	10,03	3,37	905,27	8,27	0,11	0,05	0,12	0,12	0,07	0,04
17,86	9,83	3,00	905,04	8,27	0,18	0,03	0,01	0,09	0,13	0,07
16,69	10,05	3,44	905,40	8,26	0,07	0,18	0,02	0,01	0,05	0,16
16,59	10,09	3,47	905,31	8,27	0,09	0,08	0,15	0,11	0,07	0,00
17,43	9,91	3,16	905,13	8,27	0,12	0,14	0,06	0,02	0,10	0,06
17,54	9,89	3,12	905,13	8,27	0,15	0,04	0,04	0,04	0,14	0,08
17,09	9,97	3,29	905,28	8,27	0,10	0,15	0,00	0,02	0,10	0,13
16,80	10,04	3,40	905,30	8,27	0,11	0,05	0,11	0,01	0,14	0,08
17,40	9,92	3,17	905,12	8,27	0,11	0,15	0,08	0,13	0,00	0,03
17,53	9,92	3,11	904,93	8,27	0,11	0,15	0,18	0,02	0,02	0,02
18,08	9,78	2,92	904,96	8,27	0,13	0,16	0,00	0,06	0,02	0,12
17,17	9,96	3,26	905,24	8,27	0,12	0,09	0,05	0,04	0,10	0,11
17,02	9,99	3,32	905,30	8,27	0,11	0,09	0,03	0,09	0,12	0,06
18,20	9,77	2,87	904,85	8,27	0,18	0,05	0,11	0,05	0,03	0,07
17,13	9,97	3,28	905,23	8,27	0,13	0,02	0,08	0,10	0,09	0,08
17,28	9,94	3,22	905,17	8,27	0,11	0,13	0,07	0,04	0,08	0,07
16,81	10,04	3,39	905,28	8,27	0,09	0,13	0,11	0,07	0,00	0,10

Tabla 18. Alternativas que cumplen la condición de calidad óptima establecida. Día 1 de Junio_mañana de 2012

Análisis de la tarde

Alternativa	TEMP (C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)	Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6
						120,5	116,5	112,5	104,5	100,5	95,5
1	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
2	23,03	9,03	3,01	907,18	8,28	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	23,03	9,02	2,00	907,07	8,28	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
9	18,82	9,61	3,05	905,69	8,28	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
10	16,55	6,79	1,57	911,61	8,12	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00
11	16,44	5,69	1,64	913,69	8,05	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
17	12,34	7,38	2,61	910,23	8,11	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00
18	12,23	6,28	2,68	912,31	8,05	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00
19	12,21	5,98	2,74	912,86	8,04	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25
23	18,81	9,61	2,86	905,69	8,28	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
24	16,89	6,90	1,37	911,33	8,13	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00	0,00



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

25	16,78	5,83	1,44	913,34	8,06	0,17	0,17	0,00	0,00	0,15	0,00
27	15,90	7,92	2,28	909,17	8,17	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
28	15,82	7,18	2,33	910,58	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
29	15,81	7,00	2,37	910,93	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
32	18,81	9,61	2,86	905,69	8,28	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
33	16,55	6,78	1,35	911,57	8,12	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00
34	16,44	5,66	1,43	913,69	8,05	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00
36	12,33	7,38	2,63	910,26	8,11	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00
37	12,34	6,46	2,78	911,96	8,06	0,00	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00
38	12,20	5,98	2,76	912,90	8,04	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17
41	18,81	9,61	2,86	905,69	8,28	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
42	15,90	7,92	2,28	909,17	8,17	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
43	15,82	7,18	2,33	910,58	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
44	15,81	7,00	2,37	910,93	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
45	12,33	7,38	2,63	910,26	8,11	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00
46	12,22	6,26	2,71	912,37	8,04	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00
47	12,20	5,98	2,76	912,90	8,04	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17
48	11,50	5,69	2,18	913,63	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00
49	11,49	5,51	2,22	913,98	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17
50	16,55	6,78	1,35	911,57	8,12	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00
51	15,90	7,92	2,28	909,17	8,17	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
54	12,33	7,38	2,63	910,26	8,11	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00
57	11,50	5,69	2,18	913,63	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00
58	11,49	5,51	2,22	913,98	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17
59	16,44	5,66	1,43	913,69	8,05	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00
60	15,82	7,18	2,33	910,58	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
63	12,22	6,26	2,71	912,37	8,04	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00
66	11,50	5,69	2,18	913,63	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00
69	15,81	7,00	2,37	910,93	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
72	12,20	5,98	2,76	912,90	8,04	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17
75	11,49	5,51	2,22	913,98	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17
77	15,89	7,93	2,23	909,16	8,17	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00
78	15,82	7,17	2,28	910,59	8,12	0,13	0,13	0,13	0,00	0,13	0,00
79	15,81	7,00	2,32	910,94	8,12	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00	0,13
83	14,37	6,39	2,02	912,23	8,08	0,13	0,00	0,13	0,13	0,00	0,13
84	14,38	6,52	1,99	911,97	8,08	0,13	0,00	0,13	0,13	0,13	0,00
85	14,32	5,82	2,06	913,30	8,04	0,13	0,00	0,13	0,00	0,13	0,13
88	11,48	5,51	2,22	913,98	8,01	0,00	0,13	0,13	0,13	0,00	0,13
89	11,50	5,69	2,19	913,64	8,01	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00
92	13,47	5,56	1,85	913,86	8,03	0,10	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

94	14,32	5,81	2,03	913,31	8,04	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10	0,10
95	14,37	6,39	2,00	912,22	8,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10
96	14,38	6,52	1,97	911,96	8,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
	13,47	5,56	1,84	913,85	8,03	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	15,07	6,35	1,64	912,38	8,08	0,13	0,12	0,04	0,15	0,00	0,06
	13,67	6,82	2,59	911,22	8,09	0,04	0,15	0,16	0,01	0,12	0,02
	12,92	6,84	2,38	911,29	8,09	0,03	0,12	0,15	0,14	0,03	0,03
	13,71	7,18	2,41	910,59	8,11	0,05	0,14	0,15	0,12	0,01	0,04
	15,82	7,10	2,29	910,73	8,12	0,13	0,11	0,13	0,01	0,04	0,08
	13,51	5,60	2,10	913,71	8,03	0,07	0,13	0,10	0,01	0,08	0,11
	13,47	5,59	1,81	913,82	8,03	0,09	0,05	0,08	0,11	0,08	0,08
	15,17	7,28	2,13	910,45	8,13	0,12	0,11	0,12	0,12	0,01	0,03
	13,39	5,94	2,03	913,08	8,05	0,08	0,05	0,12	0,10	0,07	0,09
	17,30	6,62	1,72	911,83	8,11	0,22	0,09	0,02	0,05	0,11	0,00
	15,12	7,32	2,35	910,27	8,13	0,09	0,15	0,13	0,05	0,03	0,04
	15,41	6,41	2,08	912,12	8,08	0,14	0,09	0,10	0,00	0,09	0,08
	13,51	7,04	2,33	910,91	8,10	0,05	0,10	0,15	0,15	0,01	0,03
	14,90	6,38	1,74	912,28	8,08	0,12	0,11	0,06	0,12	0,06	0,02
	12,08	5,56	2,31	913,80	8,01	0,02	0,07	0,15	0,06	0,10	0,11
	16,84	8,03	2,47	908,85	8,18	0,15	0,11	0,15	0,02	0,03	0,03
	14,22	6,13	1,81	912,78	8,06	0,12	0,03	0,09	0,13	0,11	0,01
	14,93	5,56	1,47	913,93	8,04	0,15	0,08	0,02	0,11	0,05	0,09
	14,10	5,57	1,68	913,88	8,03	0,12	0,05	0,06	0,09	0,12	0,06
	13,43	6,41	2,18	912,14	8,07	0,06	0,12	0,12	0,10	0,05	0,05
	16,91	6,86	1,94	911,27	8,12	0,16	0,16	0,06	0,02	0,03	0,07
	15,50	5,71	1,63	913,57	8,05	0,16	0,10	0,03	0,03	0,13	0,05
	14,41	5,95	1,77	913,12	8,05	0,12	0,07	0,07	0,09	0,11	0,04
	15,84	6,38	1,60	912,31	8,09	0,16	0,11	0,03	0,12	0,06	0,02
	13,59	5,87	1,91	913,26	8,04	0,09	0,04	0,10	0,11	0,05	0,10
	14,15	6,32	2,20	912,27	8,07	0,09	0,09	0,13	0,05	0,01	0,13
	12,47	5,71	2,39	913,47	8,03	0,02	0,12	0,15	0,03	0,05	0,13
	15,16	6,64	2,11	911,67	8,09	0,14	0,04	0,13	0,04	0,14	0,02
	14,93	6,05	1,97	912,86	8,06	0,13	0,08	0,09	0,02	0,09	0,09
	15,01	6,27	1,94	912,45	8,07	0,15	0,01	0,10	0,06	0,13	0,04
	13,41	5,54	1,87	913,89	8,03	0,08	0,07	0,09	0,08	0,08	0,09
	15,17	7,00	1,96	911,03	8,12	0,12	0,13	0,09	0,13	0,01	0,03
	17,27	7,07	2,19	910,88	8,14	0,23	0,03	0,09	0,01	0,02	0,12
	13,04	5,79	1,97	913,40	8,03	0,06	0,08	0,11	0,09	0,15	0,01
	15,41	5,89	1,82	913,21	8,06	0,18	0,02	0,06	0,03	0,10	0,11
	14,19	5,69	1,87	913,59	8,03	0,12	0,04	0,09	0,03	0,19	0,03

M
O
N
T
E
C
A
R
L
O

Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

13,53	5,59	1,51	913,89	8,03	0,09	0,14	0,04	0,15	0,05	0,03
13,97	6,30	2,06	912,36	8,07	0,08	0,10	0,11	0,09	0,03	0,09
15,17	7,01	2,17	910,95	8,12	0,14	0,01	0,15	0,10	0,03	0,06
12,81	6,33	2,38	912,27	8,06	0,03	0,09	0,16	0,10	0,00	0,11
14,93	6,44	2,20	912,03	8,08	0,11	0,12	0,12	0,01	0,03	0,12
12,45	6,73	2,60	911,47	8,08	0,01	0,11	0,19	0,11	0,01	0,07
13,69	6,23	2,06	912,53	8,07	0,09	0,03	0,13	0,13	0,00	0,12
13,19	5,83	1,99	913,32	8,04	0,06	0,11	0,10	0,09	0,10	0,04
11,97	6,07	2,31	912,84	8,04	0,01	0,16	0,13	0,12	0,04	0,05
13,41	5,77	1,80	913,51	8,04	0,10	0,00	0,09	0,17	0,02	0,12
14,58	6,20	1,96	912,58	8,07	0,11	0,09	0,09	0,07	0,03	0,11
16,69	7,31	1,94	910,33	8,14	0,10	0,28	0,05	0,03	0,04	0,00
14,38	6,17	2,09	912,58	8,06	0,11	0,07	0,12	0,03	0,09	0,08
12,85	6,13	2,06	912,75	8,05	0,06	0,03	0,14	0,18	0,01	0,09
13,56	6,23	2,05	912,52	8,06	0,08	0,06	0,12	0,12	0,05	0,07
14,03	6,62	2,15	911,72	8,09	0,07	0,14	0,12	0,09	0,05	0,04
15,36	5,79	1,61	913,48	8,05	0,19	0,03	0,03	0,10	0,07	0,09
14,57	6,97	2,11	911,06	8,11	0,10	0,10	0,12	0,12	0,06	0,01
13,90	6,51	2,31	911,89	8,08	0,07	0,07	0,15	0,06	0,03	0,11
13,80	6,34	2,10	912,27	8,07	0,09	0,02	0,14	0,10	0,09	0,05
13,86	5,66	1,86	913,66	8,03	0,10	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10
15,05	7,99	2,71	908,87	8,16	0,08	0,12	0,19	0,05	0,04	0,02
16,30	6,66	1,94	911,67	8,11	0,14	0,16	0,06	0,03	0,01	0,10
13,61	6,16	2,15	912,61	8,06	0,07	0,10	0,12	0,05	0,12	0,03

Tabla 19. Alternativas que con cumplen la condición de calidad óptima establecida.

Día 1 de Junio_tarde de 2012

Análisis de la noche.

Alternativa	TEMP (C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)	Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6
						120,5	116,5	112,5	104,5	100,5	95,5
1	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
2	22,95	8,93	0,95	906,75	8,28	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	22,95	8,92	0,95	906,76	8,28	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
9	18,87	9,61	2,85	907,25	8,27	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
10	16,54	6,99	1,66	911,19	8,12	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00
11	16,42	6,13	1,85	912,55	8,07	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
23	18,87	9,62	2,88	907,28	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
24	16,87	7,09	1,61	910,94	8,13	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00	0,00



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

25	16,76	6,26	1,57	912,24	8,08	0,17	0,17	0,00	0,00	0,15	0,00
27	15,95	8,10	2,70	910,04	8,17	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
28	15,87	7,51	2,70	910,96	8,13	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
30	14,32	5,76	1,88	913,56	8,04	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00
32	18,87	9,62	2,88	907,28	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
33	16,53	6,99	1,65	911,17	8,13	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00
34	16,42	6,11	1,64	912,55	8,07	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00
41	18,87	9,62	2,88	907,28	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
42	15,95	8,10	2,70	910,04	8,17	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
43	15,87	7,51	2,70	910,96	8,13	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
48	11,60	6,23	3,16	913,90	8,03	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00
50	16,53	6,99	1,65	911,17	8,13	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00
51	15,95	8,10	2,70	910,04	8,17	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
52	14,32	5,76	1,88	913,56	8,04	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00
57	11,60	6,23	3,16	913,90	8,03	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00
59	16,42	6,11	1,64	912,55	8,07	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00
60	15,87	7,51	2,70	910,96	8,13	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
61	14,32	5,76	1,88	913,56	8,04	0,17	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00
66	11,60	6,23	3,16	913,90	8,03	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00
77	15,95	8,10	2,70	910,03	8,17	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00
78	15,87	7,51	2,64	910,96	8,13	0,13	0,13	0,13	0,00	0,13	0,00
81	14,32	5,76	1,80	913,53	8,04	0,13	0,13	0,00	0,13	0,13	0,00
84	14,43	6,90	2,56	912,10	8,09	0,13	0,00	0,13	0,13	0,13	0,00
89	11,59	6,23	3,09	913,87	8,03	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00
96	14,43	6,90	2,53	912,09	8,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
	15,22	6,86	3,48	912,00	8,09	0,10	0,17	0,08	0,02	0,12	0,01
	14,82	7,38	2,74	911,35	8,12	0,10	0,12	0,12	0,10	0,06	0,00
	14,25	6,43	3,46	912,80	8,07	0,10	0,11	0,06	0,11	0,09	0,02
	13,83	6,93	3,01	912,26	8,09	0,07	0,10	0,12	0,11	0,09	0,00
	12,93	5,75	3,03	914,14	8,02	0,07	0,06	0,08	0,08	0,21	0,01
	14,21	6,13	2,59	913,17	8,05	0,11	0,11	0,04	0,10	0,13	0,01
	16,57	7,22	3,42	911,08	8,13	0,16	0,12	0,07	0,03	0,09	0,02
	14,71	6,85	3,33	912,11	8,09	0,13	0,02	0,11	0,11	0,11	0,01
	13,45	6,70	3,42	912,69	8,07	0,06	0,14	0,10	0,11	0,08	0,01

MONTECARLO

Tabla 20. Alternativas que cumplen la condición óptima de calidad establecida. Día 1 de Junio_noches de 2012



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

Alternativa	TEMP (C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)	Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6
						120,5	116,5	112,5	104,5	100,5	95,5
1	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
2	22,68	8,90	1,15	903,71	8,27	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	22,68	8,90	1,15	903,77	8,27	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
9	18,70	9,56	2,87	905,37	8,27	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
10	16,38	6,75	1,27	910,28	8,11	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00
11	16,27	5,80	1,21	911,89	8,05	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
17	12,40	7,41	3,00	911,88	8,10	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00
18	12,29	6,46	2,94	913,49	8,05	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00
19	12,27	6,05	2,97	914,20	8,03	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25
23	18,69	9,57	2,90	905,41	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
24	16,70	6,87	1,26	909,90	8,12	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00	0,00
25	16,61	5,94	1,21	911,52	8,06	0,17	0,17	0,00	0,00	0,15	0,00
27	15,82	7,92	2,40	909,18	8,16	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
28	15,75	7,26	2,36	910,30	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
29	15,73	7,00	2,38	910,76	8,11	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
32	18,69	9,57	2,90	905,41	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
33	16,37	6,76	1,27	910,25	8,11	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00
34	16,27	5,78	1,21	911,94	8,05	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00
36	12,38	7,43	3,03	911,87	8,11	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00
37	12,41	6,64	3,06	913,23	8,06	0,00	0,17	0,17	0,00	0,15	0,00
38	12,26	6,05	3,00	914,24	8,03	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17
41	18,69	9,57	2,90	905,41	8,27	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00
42	15,82	7,92	2,40	909,18	8,16	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
43	15,75	7,26	2,36	910,30	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
44	15,73	7,00	2,38	910,76	8,11	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
45	12,38	7,43	3,03	911,87	8,11	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00
46	12,28	6,45	2,97	913,56	8,04	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00
47	12,26	6,05	3,00	914,24	8,03	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17
48	11,54	5,84	2,44	914,61	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00
49	11,53	5,57	2,46	915,06	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17
50	16,37	6,76	1,27	910,25	8,11	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00
51	15,82	7,92	2,40	909,18	8,16	0,17	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
54	12,38	7,43	3,03	911,87	8,11	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00
57	11,54	5,84	2,44	914,61	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00
58	11,53	5,57	2,46	915,06	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17
59	16,27	5,78	1,21	911,94	8,05	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00
60	15,75	7,26	2,36	910,30	8,12	0,17	0,00	0,17	0,00	0,17	0,00
63	12,28	6,45	2,97	913,56	8,04	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17	0,00



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

66	11,54	5,84	2,44	914,61	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,00
69	15,73	7,00	2,38	910,76	8,11	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	0,17
72	12,26	6,05	3,00	914,24	8,03	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17
75	11,53	5,57	2,46	915,06	8,01	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,17
77	15,81	7,92	2,41	909,16	8,16	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00
78	15,75	7,26	2,37	910,32	8,12	0,13	0,13	0,13	0,00	0,13	0,00
79	15,73	7,00	2,39	910,77	8,11	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00	0,13
83	14,31	6,41	2,14	912,23	8,07	0,13	0,00	0,13	0,13	0,00	0,13
84	14,33	6,60	2,12	911,90	8,08	0,13	0,00	0,13	0,13	0,13	0,00
85	14,26	5,91	2,11	913,11	8,04	0,13	0,00	0,13	0,00	0,13	0,13
88	11,52	5,58	2,47	915,04	8,01	0,00	0,13	0,13	0,13	0,00	0,13
89	11,54	5,83	2,45	914,60	8,01	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00
92	13,42	5,65	1,97	913,81	8,03	0,10	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10
94	14,26	5,91	2,11	913,12	8,04	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10	0,10
95	14,31	6,41	2,14	912,23	8,07	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,10
96	14,32	6,60	2,13	911,91	8,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
98	13,42	5,65	1,97	913,80	8,02	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
99	13,97	6,09	1,99	912,85	8,05	0,11	0,03	0,10	0,13	0,05	0,08
	15,06	6,57	2,14	911,62	8,08	0,12	0,12	0,10	0,03	0,07	0,06
	13,62	6,31	2,24	912,75	8,06	0,08	0,07	0,12	0,10	0,10	0,03
	13,74	6,22	2,45	912,93	8,06	0,06	0,15	0,12	0,03	0,02	0,12
	13,59	5,77	1,75	913,43	8,03	0,10	0,06	0,06	0,16	0,08	0,04
	13,17	6,02	2,22	913,43	8,04	0,07	0,02	0,13	0,11	0,11	0,06
	16,30	6,72	1,84	910,64	8,11	0,15	0,16	0,06	0,03	0,03	0,07
	13,42	6,36	2,28	912,79	8,06	0,08	0,01	0,14	0,12	0,14	0,01
	13,51	5,74	2,02	913,65	8,03	0,10	0,01	0,11	0,08	0,13	0,08
	12,80	5,91	2,38	913,83	8,03	0,05	0,03	0,15	0,06	0,15	0,06
	15,49	6,32	1,93	911,73	8,08	0,15	0,08	0,08	0,03	0,01	0,14
	13,04	6,18	2,40	913,30	8,04	0,06	0,01	0,16	0,06	0,20	0,01
	14,38	6,57	2,11	911,92	8,08	0,12	0,04	0,11	0,12	0,09	0,02
	14,50	6,88	2,35	911,46	8,10	0,09	0,11	0,12	0,08	0,06	0,03
	13,05	5,68	2,35	914,09	8,02	0,05	0,09	0,13	0,04	0,01	0,17
	13,93	5,96	2,06	913,10	8,05	0,09	0,12	0,09	0,07	0,05	0,09
	16,08	6,30	1,52	911,27	8,08	0,17	0,13	0,03	0,04	0,13	0,00
	13,60	6,08	2,10	913,08	8,05	0,08	0,08	0,10	0,11	0,06	0,06
	15,29	6,60	1,69	911,23	8,09	0,14	0,13	0,04	0,14	0,04	0,01
	14,83	6,45	1,97	911,83	8,08	0,15	0,01	0,10	0,08	0,15	0,01
	13,34	5,62	1,99	913,89	8,02	0,07	0,13	0,08	0,08	0,03	0,11
	15,03	6,95	2,10	910,99	8,11	0,15	0,01	0,12	0,16	0,00	0,06
	13,63	5,74	1,86	913,50	8,03	0,08	0,14	0,06	0,10	0,07	0,06



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

13,61	5,75	2,24	913,68	8,03	0,07	0,12	0,11	0,02	0,03	0,15
17,49	7,11	1,60	909,30	8,13	0,19	0,15	0,04	0,04	0,06	0,02
15,84	7,33	2,47	910,19	8,13	0,14	0,07	0,16	0,01	0,03	0,09
13,91	5,66	2,07	913,68	8,03	0,09	0,11	0,09	0,00	0,10	0,10
12,04	5,73	2,24	914,43	8,01	0,03	0,01	0,13	0,17	0,13	0,03
15,59	7,42	2,19	910,00	8,13	0,15	0,07	0,12	0,14	0,02	0,01
14,49	7,11	2,52	911,17	8,10	0,10	0,05	0,17	0,07	0,10	0,01
14,00	6,43	2,19	912,34	8,07	0,08	0,13	0,10	0,08	0,09	0,02
13,48	5,76	2,04	913,61	8,03	0,07	0,16	0,07	0,08	0,01	0,11
12,64	5,70	2,24	914,17	8,02	0,05	0,05	0,13	0,09	0,11	0,07
12,41	5,50	2,21	914,59	8,01	0,04	0,06	0,12	0,09	0,09	0,09
13,73	5,82	1,63	913,21	8,04	0,09	0,16	0,03	0,15	0,05	0,02
13,98	5,96	2,03	913,07	8,05	0,11	0,02	0,10	0,09	0,05	0,12
13,76	6,35	2,25	912,64	8,07	0,10	0,01	0,14	0,13	0,02	0,10
13,33	6,91	2,63	912,07	8,09	0,05	0,05	0,18	0,13	0,06	0,02
15,72	8,23	2,73	908,84	8,17	0,09	0,18	0,14	0,08	0,01	0,00
14,77	6,00	1,90	912,58	8,05	0,14	0,05	0,08	0,02	0,15	0,06
11,56	5,51	2,35	915,07	8,00	0,01	0,05	0,14	0,11	0,17	0,02
12,98	6,16	2,51	913,38	8,04	0,04	0,11	0,14	0,04	0,13	0,04
12,15	5,63	2,14	914,48	8,01	0,04	0,00	0,12	0,20	0,05	0,08
15,28	6,29	1,64	911,73	8,08	0,18	0,03	0,05	0,13	0,05	0,05
14,66	6,05	1,53	912,35	8,06	0,13	0,11	0,03	0,16	0,05	0,03
14,39	5,58	1,77	913,38	8,03	0,12	0,09	0,06	0,04	0,07	0,12
15,64	5,61	1,31	912,51	8,04	0,16	0,14	0,01	0,04	0,07	0,08
14,29	6,25	2,13	912,49	8,06	0,12	0,03	0,12	0,05	0,12	0,06
15,27	6,67	2,12	911,35	8,09	0,12	0,12	0,10	0,05	0,04	0,08
16,17	6,52	1,71	910,95	8,10	0,14	0,18	0,04	0,05	0,00	0,08
15,56	6,61	2,11	911,32	8,09	0,14	0,11	0,10	0,03	0,01	0,13
13,53	5,64	1,96	913,77	8,03	0,09	0,05	0,09	0,08	0,09	0,10

**Tabla.21.b Alternativas que cumplen la condición óptima de calidad establecida. Día
15 de Agosto_tarde de 2010.**



9.5.- ANEJO 5. Ejemplos de resultados de simulaciones de extracción para otros días distintos a los analizados.



AÑO 2010
JUNIO_PROMEDIO

General Information	
Example 2	
01-jun-2010	
Title	Example 2
Day	1
Month	6
Year	2010
WSE	123,67
LBE	88,00
Units	9,81

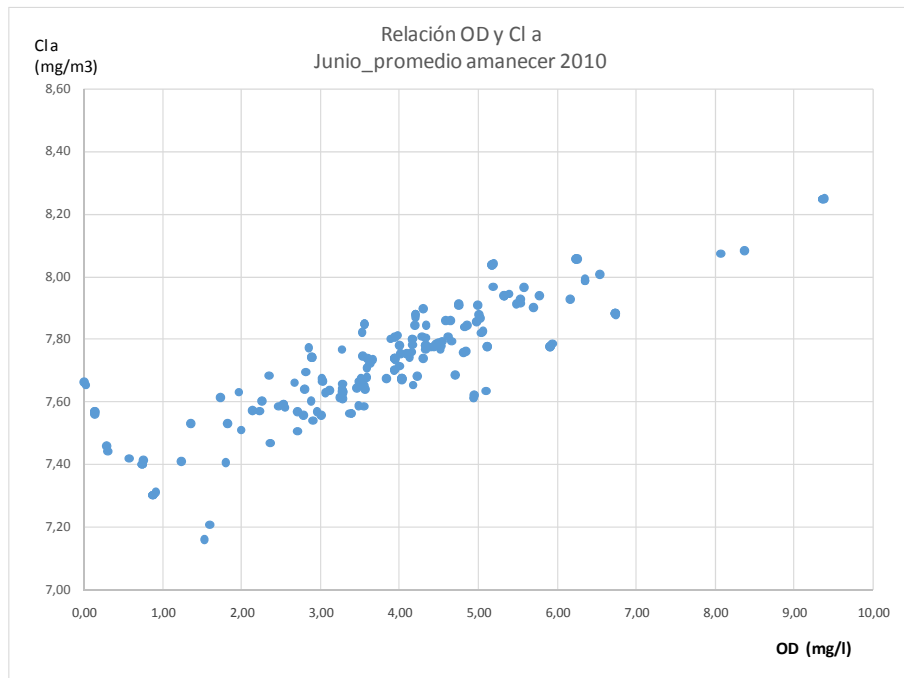
Amanecer:

Water Quality Profiles

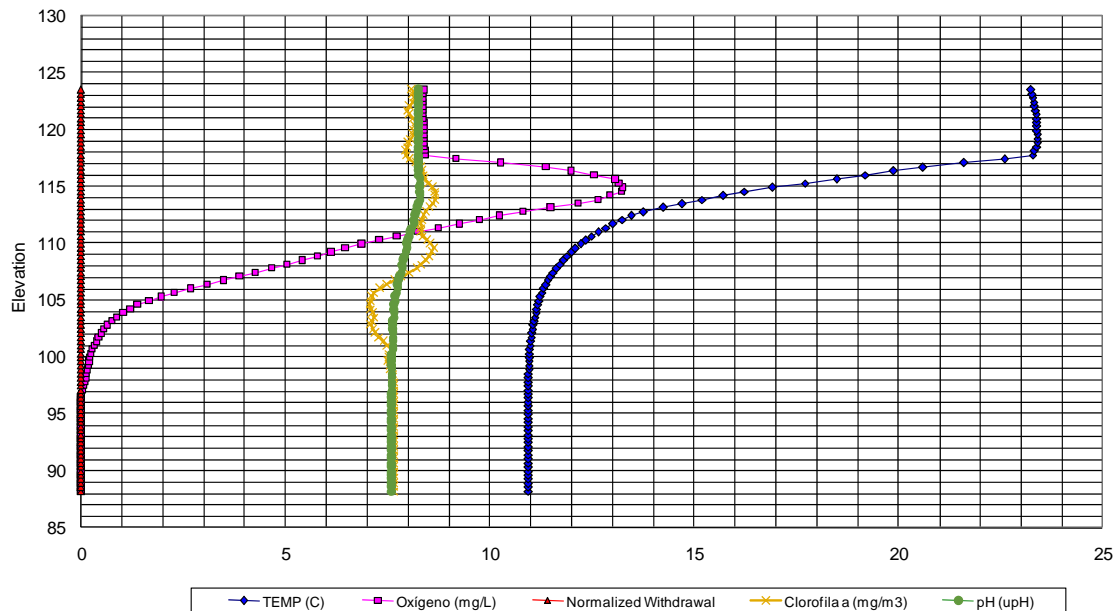
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (uPH)
0	23,22470588	8,412647059	8,079375	921,27	8,267352941
1	23,29086957	8,353043478	8,159473684	922,526087	8,266086957
2	23,35238095	8,359047619	7,954117647	921,7	8,267619048
3	23,38380952	8,384761905	8,217058824	921,6552381	8,266190476
4	23,39238095	8,395238095	8,14	921,8885714	8,265714286
5	23,39714286	8,396666667	7,976470588	921,8309524	8,267142857
6	23,27	8,423333333	7,93	919,4104762	8,271904762
7	20,4747619	11,51142857	8,327058824	916,7152381	8,264285714
8	18,53571429	13,06238095	8,398235294	914,1252381	8,281428571
9	16,35571429	13,3152381	8,674705882	907,867619	8,287142857
10	14,9247619	12,49190476	8,652941176	910,502381	8,275714286
11	13,60380952	10,5747619	8,389411765	916,252381	8,198571429
12	12,98428571	9,184285714	8,314117647	919,6371429	8,130952381
13	12,48190476	7,747142857	8,333529412	922,247619	8,036190476
14	12,12190476	6,542380952	8,641176471	923,8947619	7,965714286
15	11,8347619	5,590952381	8,482941176	924,46	7,903333333
16	11,58857143	4,52047619	8,152352941	925,507619	7,838095238
17	11,40190476	3,423809524	7,614705882	925,9914286	7,773333333
18	11,26571429	2,297619048	7,17	927,6471429	7,707619048
19	11,16666667	1,416666667	7,037058824	927,6757143	7,668095238
20	11,11	0,931904762	7,17	927,1747619	7,646666667
21	11,04571429	0,591904762	7,083529412	926,2871429	7,630952381
22	11,00428571	0,415714286	7,301176471	925,88	7,616666667
23	10,9725	0,2765	7,588235294	924,702	7,6165
24	10,9575	0,1985	7,466470588	924,2335	7,6015
25	10,9475	0,1385	7,613529412	923,9135	7,5925
26	10,943	0,092	7,664117647	923,6085	7,587
27	10,92941176	0	7,664117647	921,6294118	7,600588235
29	10,93411765	0	7,782941176	921,2976471	7,591176471
32	10,93647059	0	8,069411765	921,0829412	7,575882353



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)



Withdrawal Results



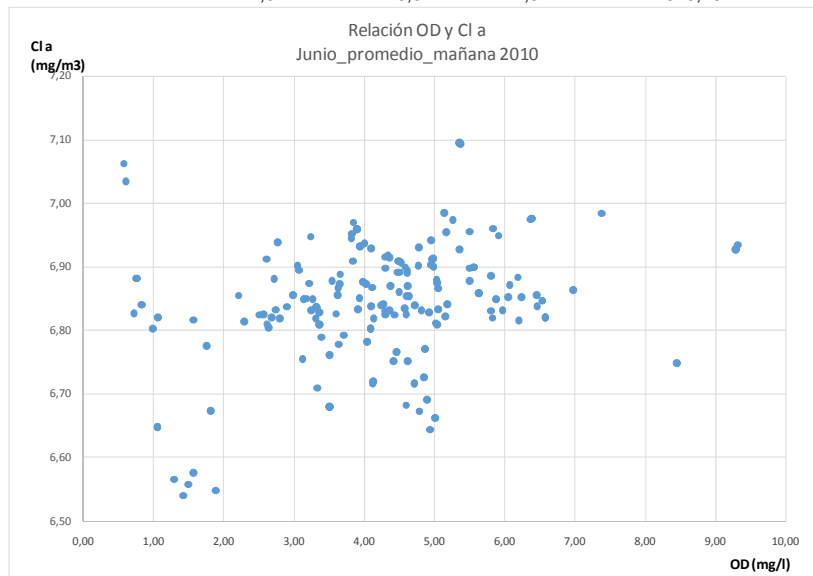


Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Mañana:

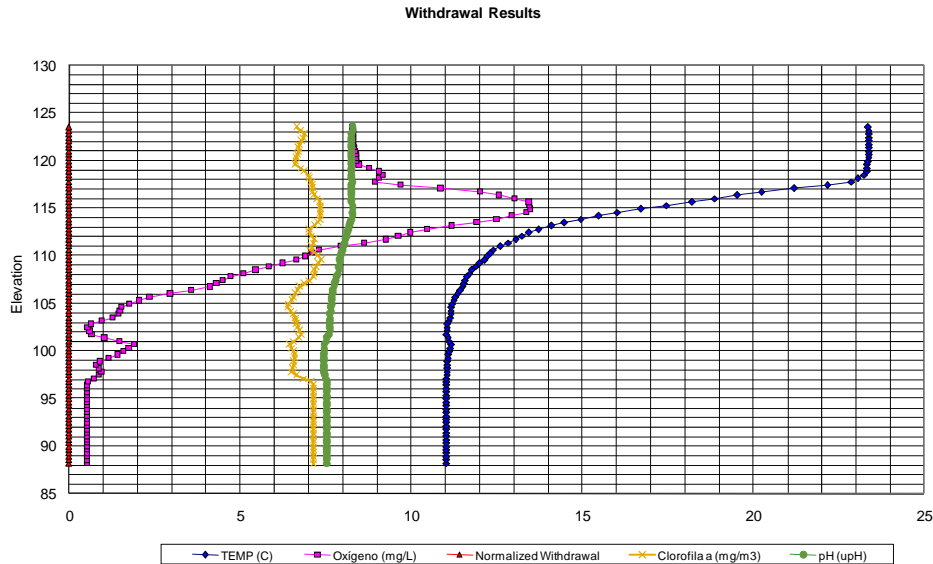
Water Quality Profiles

Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	23,33944444	8,291111111	6,588888889	925,4302778	8,283055556
1	23,383	8,31	6,907777778	925,2505	8,2735
2	23,38857143	8,32	6,729444444	924,2209524	8,265714286
3	23,38954545	8,384090909	6,690555556	924,0859091	8,268181818
4	23,33238095	8,39047619	6,585	924,2309524	8,274285714
5	23,31809524	9,21952381	6,958125	879,5304762	8,268571429
6	22,8095	8,9155	7,112941176	878,0415	8,278
7	20,11363636	12,15636364	7,097647059	919,2159091	8,260454545
8	18,25727273	13,44409091	7,337647059	914,1259091	8,275
9	16,16190476	13,48952381	7,335555556	910,77	8,288571429
10	14,65952381	12,25857143	7,338333333	912,8352381	8,261428571
11	13,57818182	10,21909091	6,991111111	915,5095455	8,166363636
12	13,01956522	9,210434783	7,164444444	918,22	8,082173913
13	12,39285714	7,316666667	7,058333333	923,1971429	8,009047619
14	12,17130435	6,758695652	7,376111111	921,8252174	7,931304348
15	11,80772727	5,621363636	7,188333333	924,0254545	7,883636364
16	11,59590909	4,602272727	7,127222222	924,7390909	7,820909091
17	11,498	4,092	6,716666667	924,8852	7,7332
18	11,27772727	2,361363636	6,574444444	927,1709091	7,7
19	11,16772727	1,536818182	6,358888889	927,6081818	7,664545455
20	11,1475	1,4225	6,614444444	927,0145833	7,621666667
21	11,04904762	0,512380952	6,658888889	925,92	7,635238095
22	11,02434783	0,661304348	6,804444444	925,8747826	7,602173913
23	11,168	1,906	6,46	929,698	7,446
24	11,08333333	1,466666667	6,59	930,06	7,451666667
25	11,0525	0,75	6,57	928,9125	7,4675
26	11,03833333	0,978333333	6,51	929,9983333	7,468333333
27	11,02666667	0,526666667	7,13	929,2566667	7,543333333
29	11,045	0,62	6,93	925,215	7,54
32	11,01	0,3	7,32	925,26	7,55





Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)



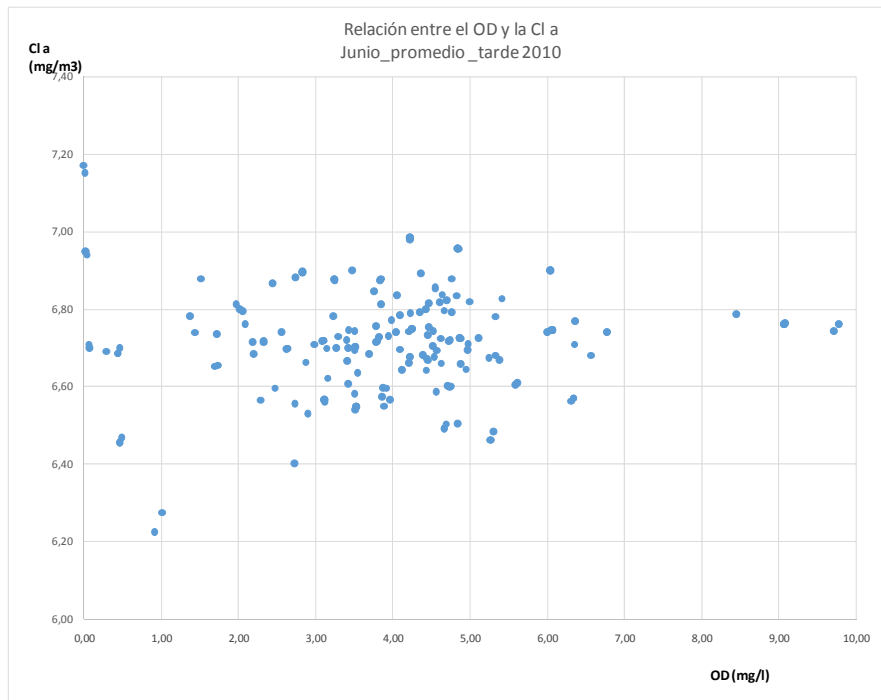
Tarde:

Water Quality Profiles

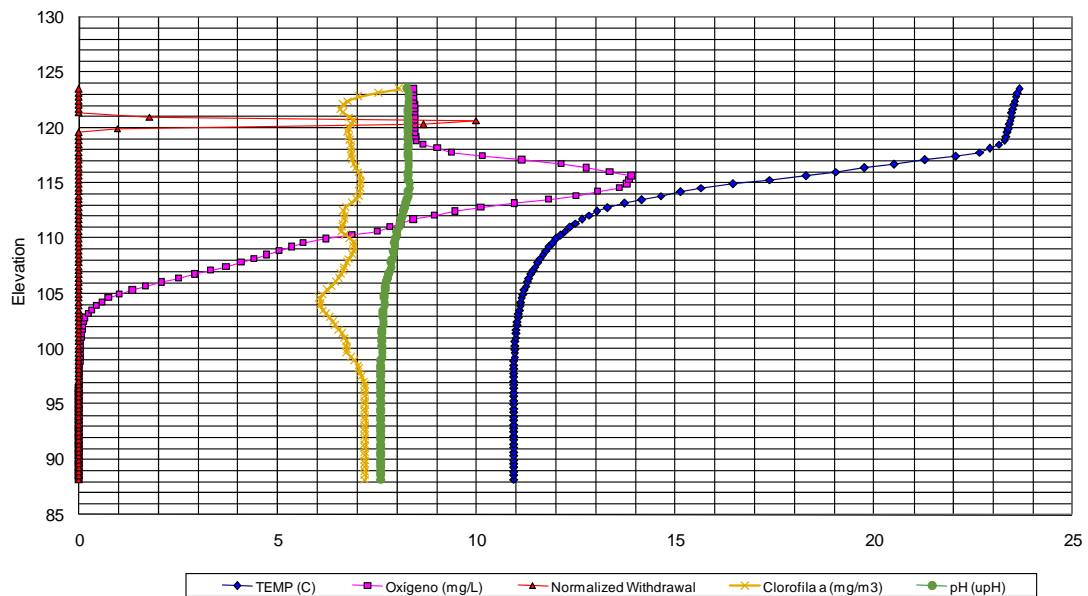
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	23,67289474	8,408421053	8,326388889	923,1605263	8,270789474
1	23,55315789	8,424736842	6,855	928,7915789	8,282631579
2	23,501	8,447894737	6,541666667	928,5131579	8,285789474
3	23,4245	8,458947368	6,926111111	927,97	8,288421053
4	23,373	8,447894737	6,758888889	928,3136842	8,287368421
5	23,2555	8,492105263	6,851666667	927,2226316	8,29
6	22,5915	9,493684211	6,84	927,5552632	8,292631579
7	20,4055	12,25368421	6,902777778	928,9094737	8,277368421
8	18,358	13,90526316	7,073333333	922,6284211	8,293
9	15,783	13,74789474	7,075	914,5842105	8,31
10	14,362	12,22052632	7,061666667	919,8889474	8,2795
11	13,149	9,820526316	6,651666667	925,7273684	8,1905
12	12,621	8,339473684	6,687777778	927,6384211	8,1195
13	12,22	7,553157895	6,581176471	928,2710526	8,017
14	11,928	5,724736842	6,914444444	928,1263158	7,9585
15	11,697	4,874736842	6,91	927,5373684	7,917
16	11,511	3,954210526	6,707777778	926,8536842	7,864
17	11,3525	2,850526316	6,601111111	926,9847368	7,7975
18	11,2445	1,685789474	6,36	927,6868421	7,73
19	11,1335	0,776315789	6,052777778	927,9036842	7,6875
20	11,084	0,353684211	6,086666667	926,6068421	7,6705
21	11,042	0,13	6,331111111	925,5436842	7,655
22	11	0,075263158	6,558888889	924,7136842	7,6415
23	10,9655	0,047368421	6,742777778	923,9994737	7,627
24	10,9555	0,030526316	6,73	923,3226316	7,6205
25	10,944	0,017894737	7,007777778	922,8526316	7,6125
26	10,9405	0,007894737	7,095555556	922,3884211	7,604
27	10,93894737	0	7,201666667	922,1115789	7,606842105
29	10,94	0	7,520555556	921,7463158	7,592105263
32	10,94105263	0	7,534444444	921,3721053	7,581578947



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)



Withdrawal Results



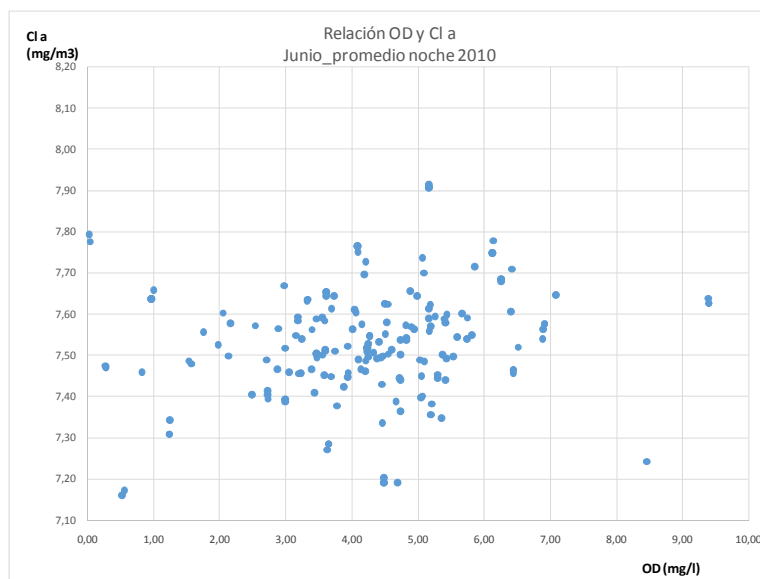


Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Noche:

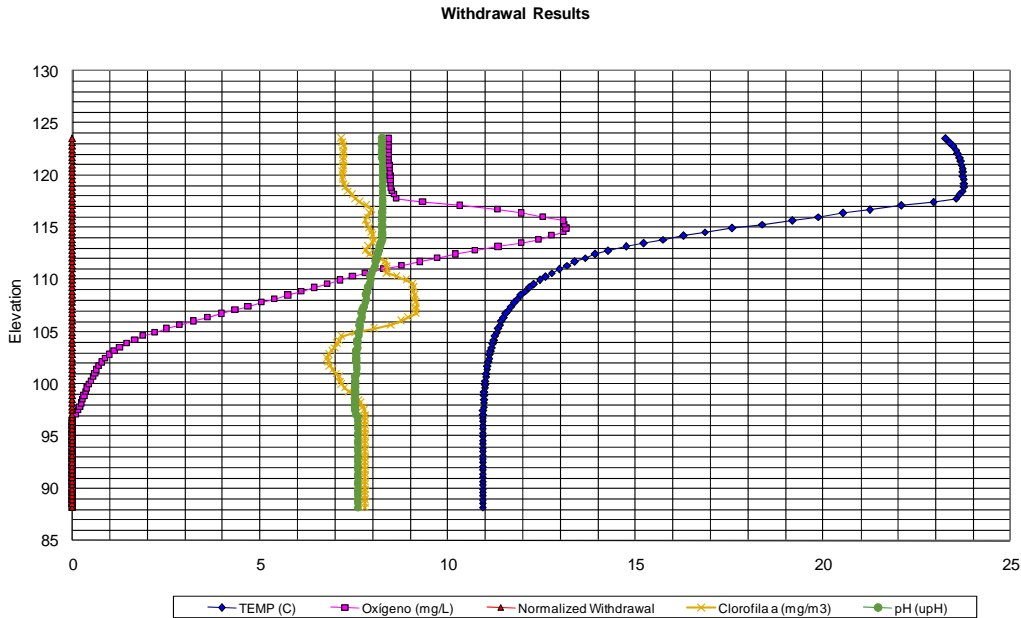
Water Quality Profiles

Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	23,22361111	8,429166667	7,152058824	917,8336111	8,27
1	23,50444444	8,43	7,247058824	925,7426087	8,258148148
2	23,64481481	8,42826087	7,221764706	925,0717391	8,256666667
3	23,70666667	8,455652174	7,233529412	924,5343478	8,254814815
4	23,7437037	8,472173913	7,172941176	924,2356522	8,254814815
5	23,74703704	8,486086957	7,308823529	924,1178261	8,254444444
6	23,51703704	8,651304348	7,570588235	920,4978261	8,254444444
7	21,13222222	11,45869565	7,987647059	916,8321739	8,254814815
8	19,24222222	13,08	7,787647059	912,7343478	8,27037037
9	16,99185185	13,1826087	7,968235294	906,6091304	8,271111111
10	15,4437037	12,24869565	8,038823529	909,3408696	8,243703704
11	14,10851852	10,5226087	7,757647059	914,7073913	8,161481481
12	13,35	9,187391304	8,382352941	917,9130435	8,084444444
13	12,76851852	7,816086957	8,358823529	920,4686957	7,984074074
14	12,32555556	6,875652174	9,070588235	922,6856522	7,915925926
15	11,9937037	5,902173913	9,099411765	923,4995652	7,85037037
16	11,73444444	4,904782609	9,167647059	924,3891304	7,785185185
17	11,53037037	3,925217391	9,153529412	925,6447826	7,723333333
18	11,38592593	2,85826087	8,517647059	927,2565217	7,663333333
19	11,26	1,938695652	7,184117647	928,003913	7,617037037
20	11,17962963	1,315652174	7,031764706	927,9678261	7,594444444
21	11,10962963	0,930434783	6,784117647	927,0647826	7,576296296
22	11,0537037	0,680434783	6,860588235	926,5626087	7,563333333
23	11,00814815	0,554166667	7,098235294	926,2416667	7,554814815
24	10,97962963	0,401666667	7,213529412	925,9125	7,547777778
25	10,96185185	0,283333333	7,591176471	926,0608333	7,541111111
26	10,94925926	0,1875	7,774705882	925,2741667	7,543703704
27	10,92666667	0	7,8	922,3394444	7,59
29	10,92888889	0	7,963529412	921,9983333	7,581111111
32	10,93055556	0	8,018235294	921,5833333	7,571111111





Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)



AGOSTO_PROMEDIO

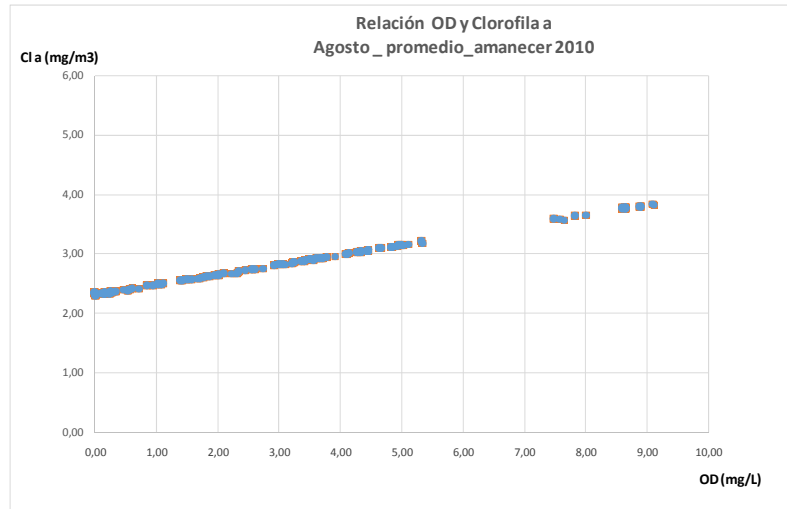
Amanecer:

Water Quality Profiles

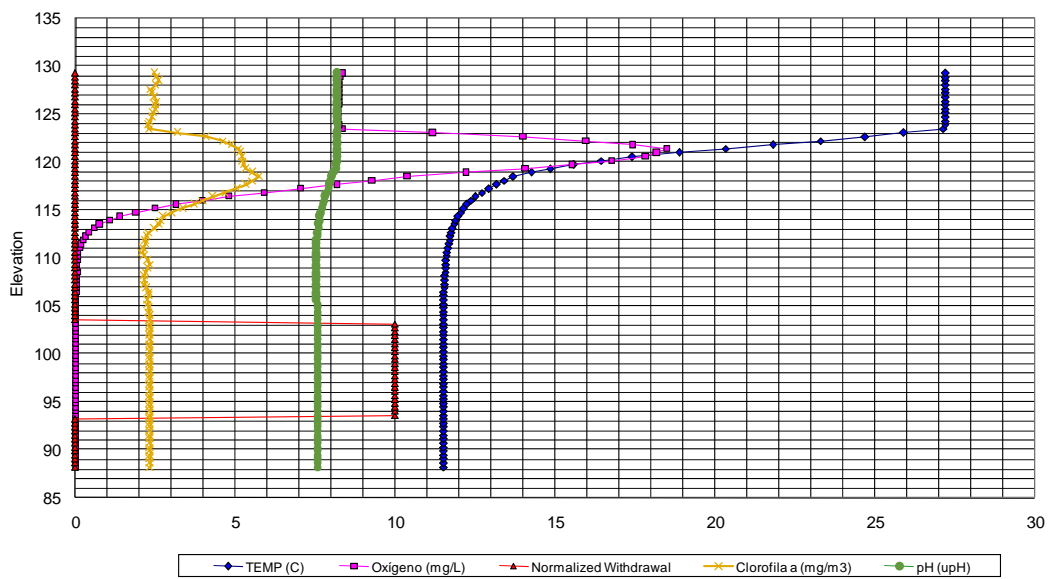
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	27,19475	8,3825	2,4135	967,99075	8,188
1	27,204	8,23	2,6205	968,365	8,193
2	27,207	8,2385	2,339	968,681	8,1935
3	27,203	8,2405	2,5405	968,5235	8,1875
4	27,1985	8,226	2,483	968,772	8,1885
5	27,195	8,223	2,3595	968,9225	8,1855
6	27,1645	8,241	2,2455	969,065	8,181
7	24,218	15,0415	4,4105	921,786	8,194
8	20,638	18,5795	5,0885	908,726	8,1965
9	17,1335	17,7565	5,2305	909,2285	8,197
10	15,0575	14,7985	5,247	925,1095	8,1625
11	13,666	10,3455	5,73	940,1265	8,029
12	13,05	7,718	5,2545	945,7085	7,9325
13	12,5095	4,953	4,3555	948,2495	7,813
14	12,2075	2,948	3,6195	951,2475	7,7195
15	11,9765	1,4935	2,773	951,95	7,652
16	11,8285	0,738	2,615	951,1145	7,604
17	11,736	0,35	2,228	950,35	7,5675
18	11,671	0,1995	2,183	949,4265	7,542
19	11,593	0,076	2,0845	947,81	7,532
20	11,5765	0,05	2,334	946,567	7,529
21	11,5595	0,0585	2,1685	945,266	7,5325
22	11,535	0,055	2,1375	943,8145	7,5375
23	11,512	0,028	2,2975	942,771	7,545
24	11,5165	0,009	2,2505	942,965	7,551
25	11,512	0,006	2,292	941,051	7,555
26	11,513	0,0035	2,336	941,7425	7,557
27	11,515	0	2,4035	939,6855	7,558
29	11.5195	0	2.36	939.0955	7.565



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*



Withdrawal Results



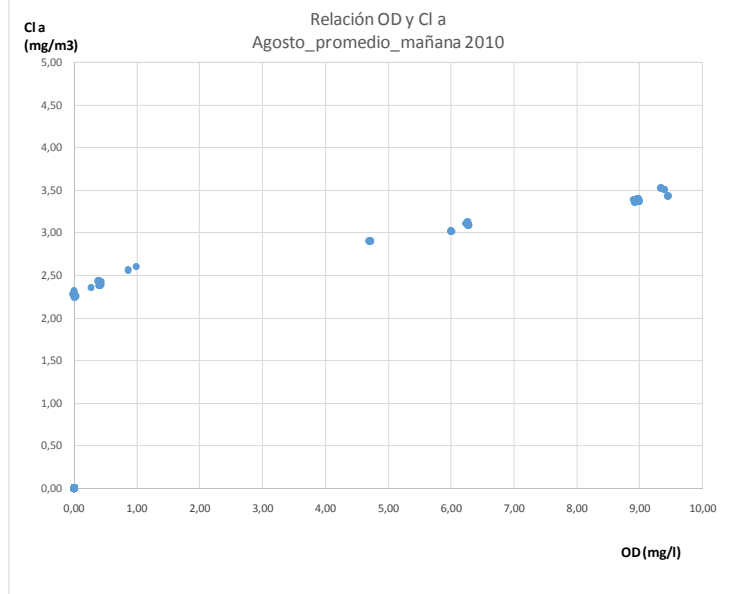


Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Mañana:

Water Quality Profiles

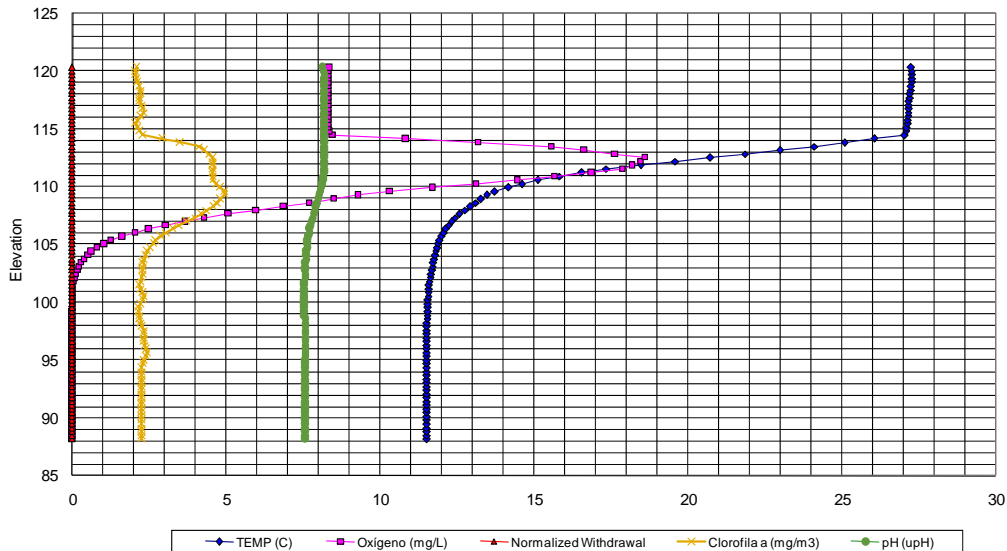
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	27,22404762	8,342142857	2,076666667	946,655	8,096904762
1	27,27428571	8,321428571	2,04952381	969,9561905	8,194285714
2	27,22952381	8,314761905	2,227142857	970,2647619	8,195238095
3	27,17380952	8,300952381	2,191428571	970,5485714	8,194761905
4	27,14904762	8,307142857	2,342857143	970,4790476	8,194285714
5	27,12952381	8,307619048	2,044761905	970,847619	8,19
6	27,04714286	8,367619048	2,270952381	970,6671429	8,185238095
7	24,05285714	15,67238095	4,15	921,6628571	8,193809524
8	20,56190476	18,7247619	4,575714286	908,682381	8,201904762
9	17,10952381	17,82285714	4,573333333	911,16	8,196666667
10	14,91238095	14,12238095	4,552380952	928,9561905	8,147619048
11	13,56761905	9,800952381	5,01	943,2747619	8,021428571
12	13,00714286	7,358095238	4,665238095	946,6861905	7,931428571
13	12,47380952	4,598571429	4,095238095	948,9947619	7,811904762
14	12,149	2,6525	3,319	950,962	7,725
15	11,9415	1,32	2,7535	951,7955	7,657
16	11,811	0,647	2,4575	951,6875	7,614
17	11,7175	0,3005	2,3005	950,4995	7,584
18	11,649	0,109	2,289	949,601	7,557
19	11,5715	0,0195	2,185	948,6205	7,546
20	11,557	0,003	2,343	947,4875	7,5415
21	11,5385	0	2,154	946,158	7,5435
22	11,52	0	2,205	944,534	7,5535
23	11,4985	0	2,325789474	944,558	7,557
24	11,4975	0	2,3435	942,993	7,562
25	11,5	0	2,43	942,283	7,563
26	11,503	0	2,2545	940,9825	7,564
27	11,5075	0	2,405	940,836	7,569
29	11,512	0	2,3885	939,63	7,576





Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Withdrawal Results



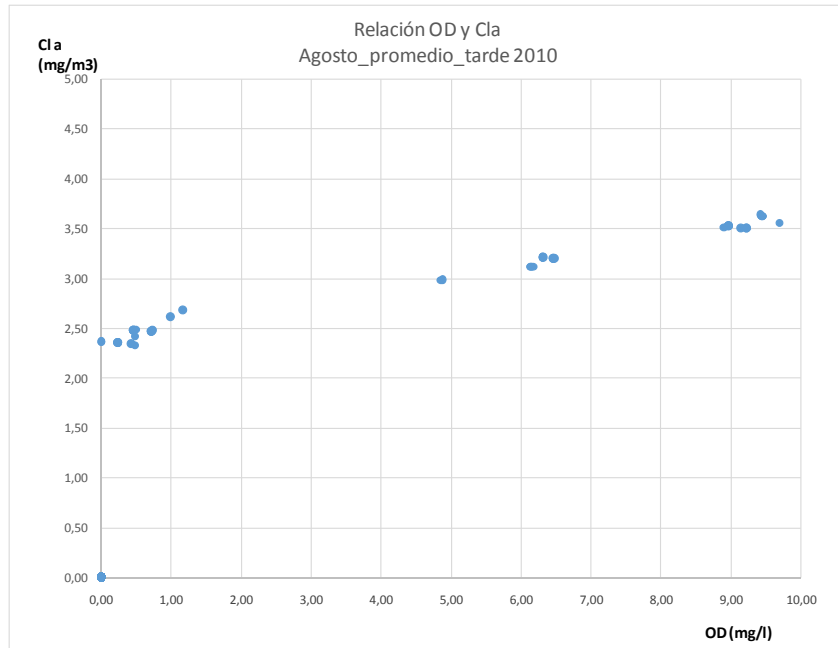
Tarde:

Water Quality Profiles

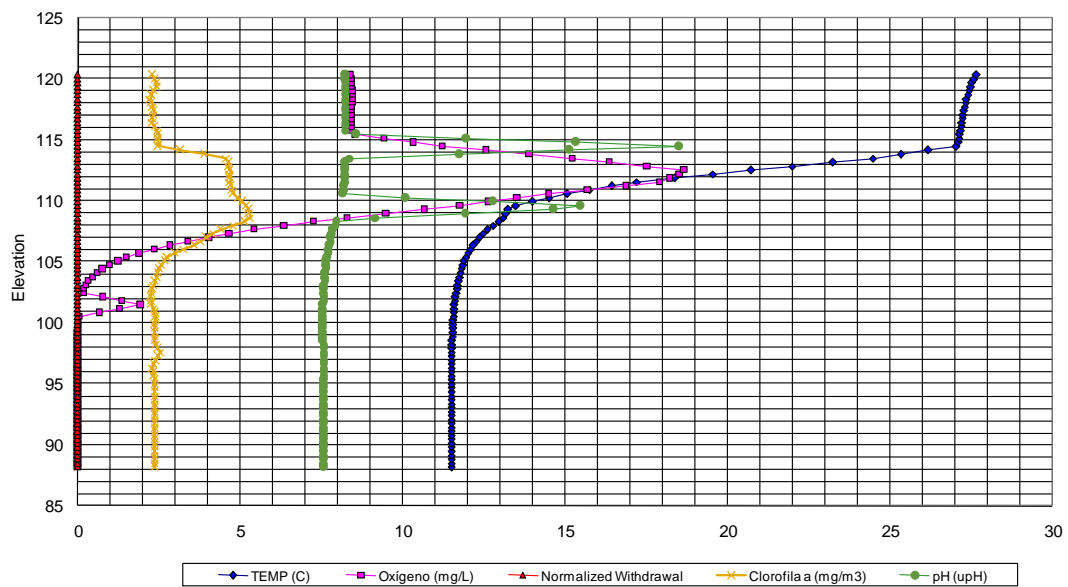
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	27,671	8,38675	2,262	973,55825	8,2225
1	27,4775	8,433	2,4515	974,844	8,217
2	27,354	8,454	2,2175	973,888	8,213
3	27,2595	8,4305	2,3335	974,58	8,2095
4	27,1955	8,431	2,2795	974,6765	8,209
5	27,139	8,4375	2,4765	974,1115	8,2065
6	27,059	11,184	2,448421053	925,2655	18,6075
7	24,416	15,2765	4,5995	930,405	8,224
8	20,568	18,787	4,686	909,251	8,239
9	16,9645	17,8385	4,685	912,7015	8,222
10	14,8595	14,1515	4,796	930,4965	8,162
11	13,28904762	11,43380952	5,2395	898,8933333	16,41619048
12	13,041	7,7775	5,306	947,4575	7,965
13	12,5035	4,9505	4,232	950,302	7,833
14	12,189	3,0325	3,6765	952,426	7,7465
15	11,957	1,5745	2,7875	952,816	7,675
16	11,805	0,7915	2,507	952,6865	7,626
17	11,7155	0,3425	2,38	951,697	7,593
18	11,647	0,123	2,2505	950,591	7,565
19	11,57	1,9375	2,272105263	901,878	7,548
20	11,5545	0,0025	2,396	948,377	7,544
21	11,5405	0	2,3445	946,924	7,547
22	11,5115	0	2,351	946,171	7,551
23	11,49	0	2,540526316	944,5231579	7,555263158
24	11,489	0	2,281578947	944,488	7,56
25	11,4865	0	2,353	942,629	7,563
26	11,493	0	2,3525	941,6955	7,565
27	11,495	0	2,4495	941,66	7,57
29	11,4995	0	2,4835	940,642	7,578



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)



Withdrawal Results



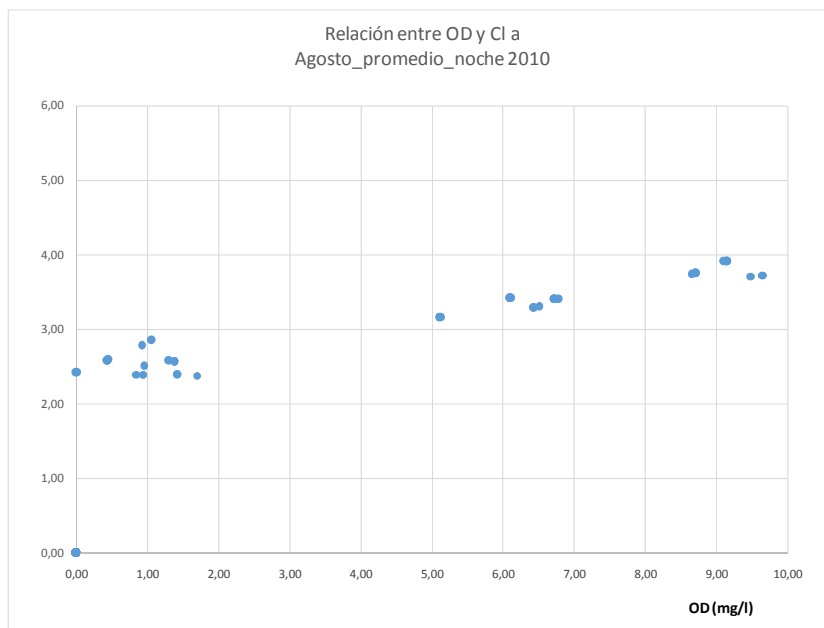


*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

Noche:

Water Quality Profiles

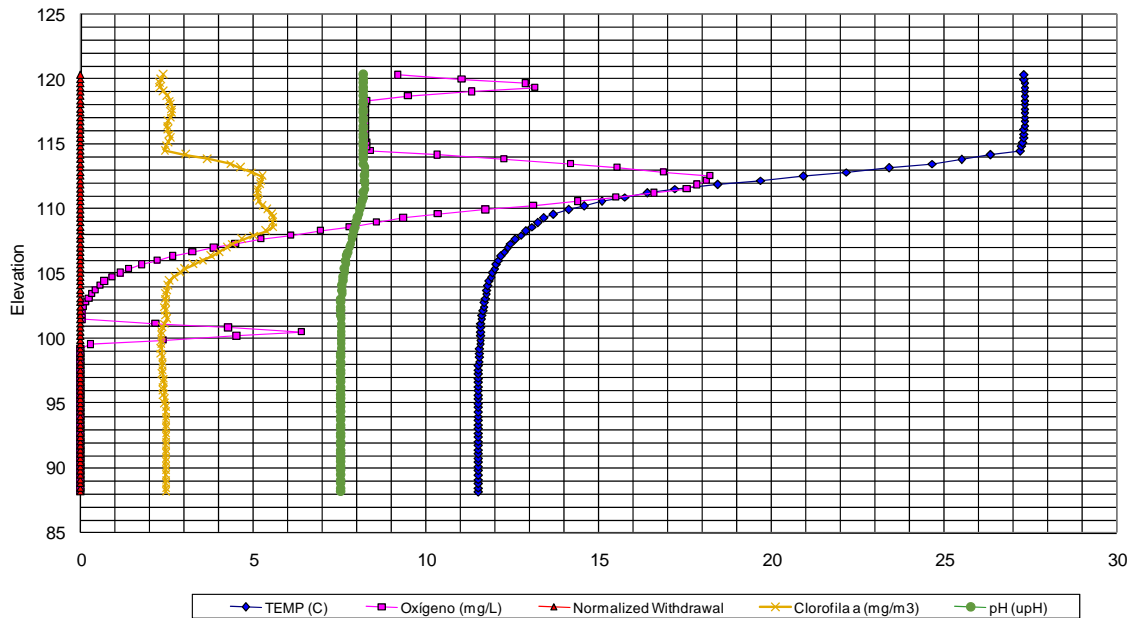
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	27,28868421	8,276052632	2,421052632	973,0344737	8,198947368
1	27,31631579	13,92315789	2,263333333	921,9636842	8,202105263
2	27,32105263	8,270526316	2,565263158	972,7915789	8,203157895
3	27,32052632	8,250526316	2,665263158	972,7357895	8,197368421
4	27,31578947	8,236842105	2,485789474	972,8552632	8,197894737
5	27,29631579	8,251052632	2,601666667	972,8289474	8,194736842
6	27,21473684	8,317368421	2,393157895	972,4684211	8,190526316
7	24,59473684	14,26210526	4,342631579	928,2789474	8,203157895
8	20,77263158	18,37315789	5,29	909,7989474	8,221578947
9	16,94	17,48526316	5,1	911,4889474	8,211578947
10	14,89	14,08526316	5,146315789	930,5921053	8,156842105
11	13,51736842	9,848947368	5,574210526	945,0931579	8,03
12	12,98684211	7,427894737	5,559473684	947,4305263	7,943157895
13	12,49157895	4,782631579	4,507894737	949,41	7,814210526
14	12,18894737	2,863157895	3,890526316	950,2826316	7,721578947
15	11,98421053	1,462105263	3,089473684	951,7589474	7,646842105
16	11,82684211	0,717894737	2,573157895	951,0894737	7,603684211
17	11,72947368	0,326315789	2,470526316	950,2268421	7,559473684
18	11,66368421	0,078947368	2,446842105	949,0152632	7,535263158
19	11,58842105	0,009473684	2,484210526	948,1521053	7,526315789
20	11,57105263	6,507894737	2,318333333	947,1015789	7,522105263
21	11,55105263	0	2,321578947	945,6142105	7,525263158
22	11,53105263	0	2,347368421	944,2284211	7,535263158
23	11,50631579	0	2,353157895	943,29	7,538421053
24	11,50368421	0	2,410526316	942,4026316	7,543684211
25	11,50263158	0	2,406842105	941,5868421	7,55
26	11,50578947	0	2,457368421	940,8363158	7,551052632
27	11,50526316	0	2,518947368	940,2689474	7,554210526
29	11,51	0	2,785263158	939,9052632	7,560526316





Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Withdrawal Results



SEPTIEMBRE
DIA 1

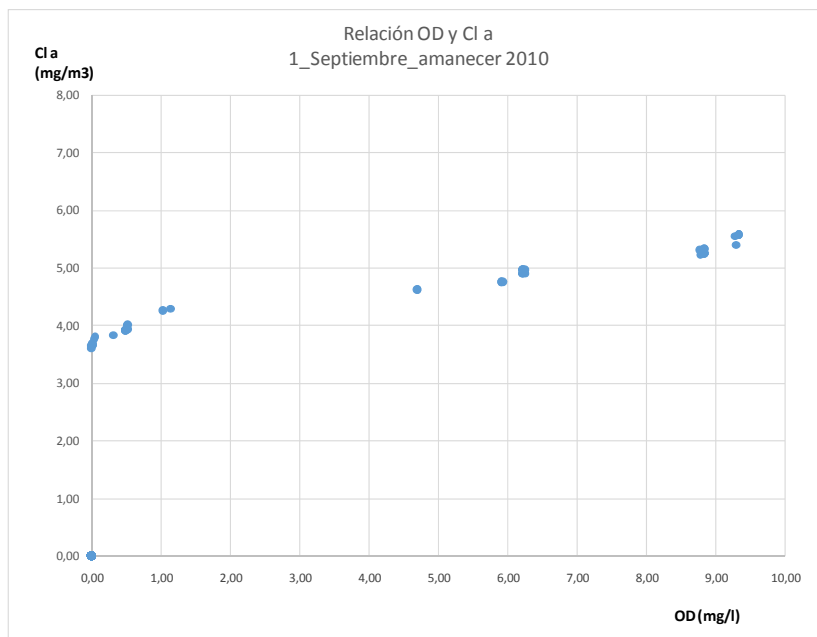
General Information		
Example 2		
01-sep-2010		
Title	Example 2	Title of simulation (less than 30 characters)
Day	1	Day (1-31)
Month	9	Month (1-12)
Year	2010	Year (4 digits)
WSE	119,67	Water Surface Elevation
LBE	88,00	Lake Bottom Elevation
Units	9,81	English 32.2 or Metric 9.81



Amanecer:

Water Quality Profiles

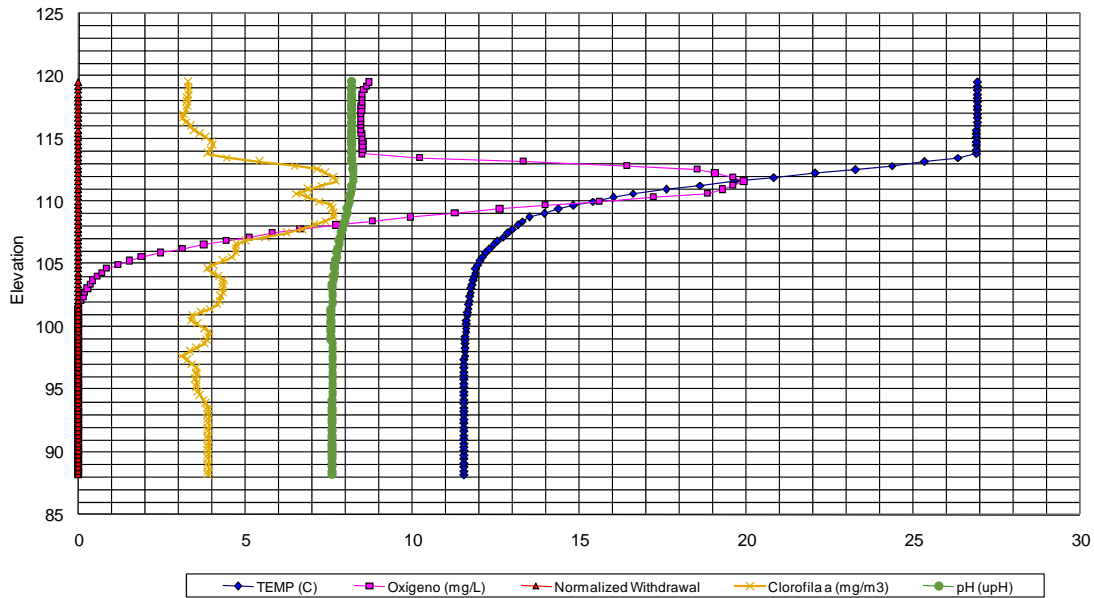
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	26,92	8,74	3,295	964,815	8,19
1	26,92	8,5	3,28	964,78	8,19
2	26,92	8,48	3,27	964,71	8,19
3	26,92	8,46	3,11	965,33	8,19
4	26,89	8,46	3,48	965,57	8,19
5	26,89	8,52	4,05	965,82	8,19
6	26,88	8,5	3,85	966,33	8,19
7	23,75	18,31	7,07	905,33	8,22
8	19,9	20	7,82	888,33	8,21
9	16,64	18,98	6,51	903,15	8,17
10	14,78	13,85	7,59	926,54	8,07
11	13,39	9,62	7,65	937,73	8,02
12	12,94	6,23	6,57	944,65	7,9
13	12,47	4,05	4,69	944,84	7,81
14	12,12	2	4,69	948,49	7,73
15	11,89	0,87	3,81	950,13	7,67
16	11,82	0,42	4,36	948,95	7,63
17	11,72	0,18	4,31	947,17	7,59
18	11,68	0	4,15	946,38	7,59
19	11,61	0	3,25	944,79	7,57
20	11,59	0	3,91	943,55	7,57
21	11,57	0	3,82	941,97	7,59
22	11,56	0	3,09	940,58	7,59
23	11,53	0	3,56	940,03	7,59
24	11,55	0	3,5	939,75	7,59
25	11,55	0	3,59	938,57	7,59
26	11,55	0	3,88	937,88	7,61
27	11,55	0	4,5	937,29	7,61
29	11,56	0	4,38	936,84	7,61





Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Withdrawal Results



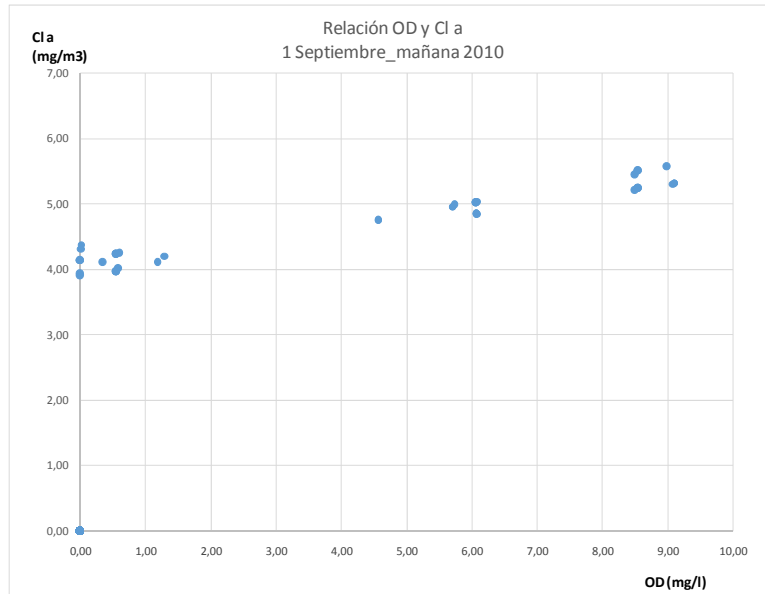
Mañana:

Water Quality Profiles

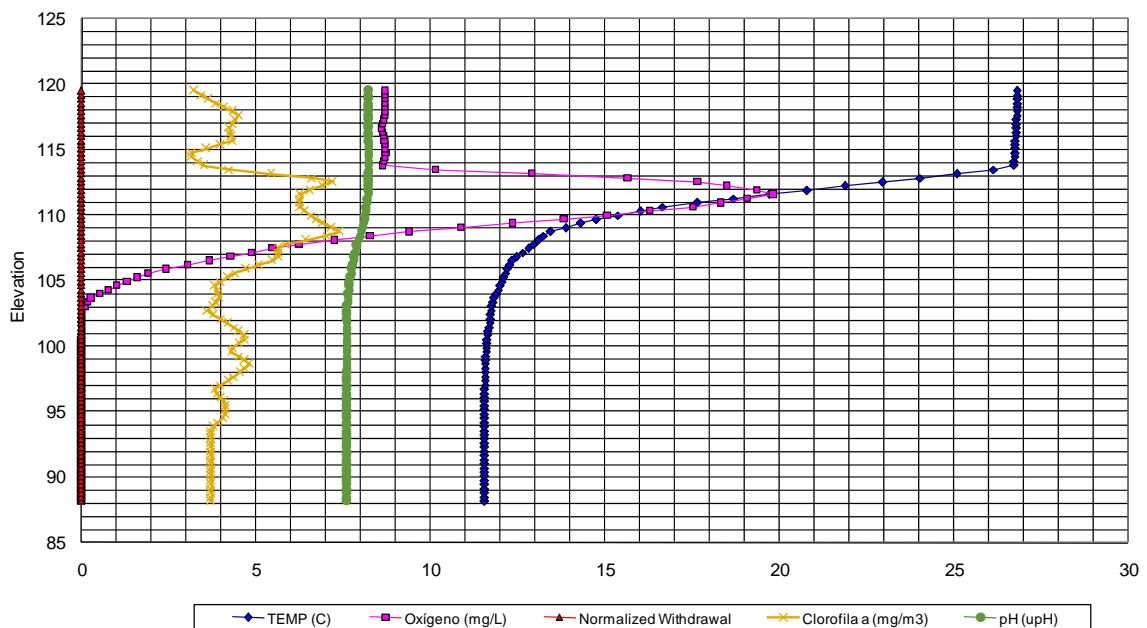
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	26,795	8,705	3,14	968,54	8,22
1	26,81	8,69	3,78	968,09	8,22
2	26,8	8,71	4,5	968,26	8,22
3	26,78	8,6	4,23	970,15	8,22
4	26,75	8,69	4,34	968,63	8,22
5	26,74	8,72	3,04	968,33	8,21
6	26,7	8,62	3,56	968,27	8,21
7	23,4	17,31	7,34	902,77	8,23
8	19,94	20	6,27	895,26	8,22
9	16,7	17,63	6,25	910,2	8,16
10	14,69	13,73	6,71	926,82	8,11
11	13,34	9,05	7,45	942,53	8
12	12,9	5,84	5,63	946,75	7,88
13	12,36	3,94	5,65	947,52	7,81
14	12,16	1,99	4,45	949,29	7,73
15	12	1,05	3,81	950,23	7,67
16	11,82	0,27	3,96	949,35	7,63
17	11,72	0	3,59	947,78	7,61
18	11,69	0,02	4,25	946,83	7,59
19	11,62	0	4,75	946,29	7,59
20	11,59	0	4,21	944,38	7,59
21	11,56	0	4,85	943,05	7,59
22	11,56	0	4,38	941,4	7,61
23	11,55	0	3,77	940,42	7,61
24	11,55	0	4,11	940,13	7,61
25	11,55	0	4,11	939,11	7,61
26	11,55	0	3,71	938,44	7,61
27	11,55	0	4,15	937,84	7,61
29	11,55	0	4,71	937,25	7,61



Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)



Withdrawal Results



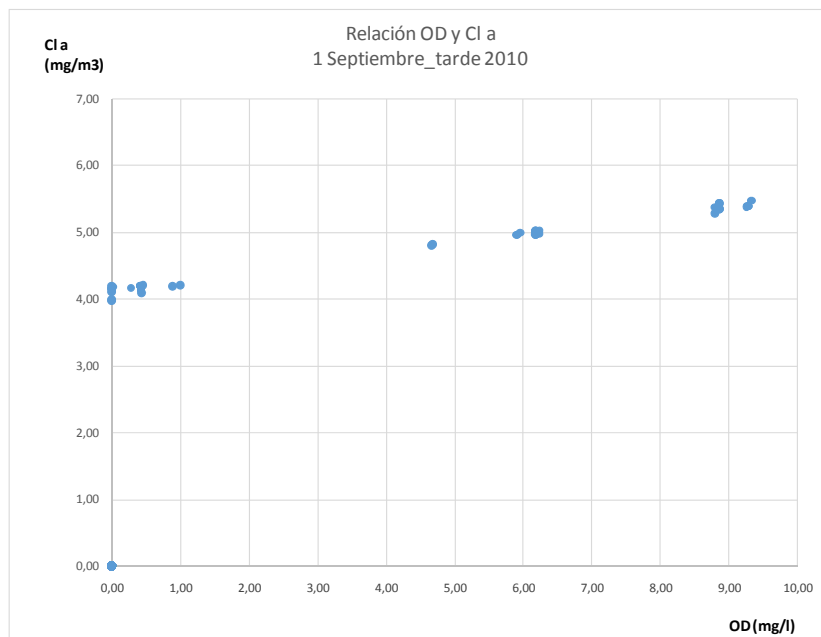


Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Tarde:

Water Quality Profiles

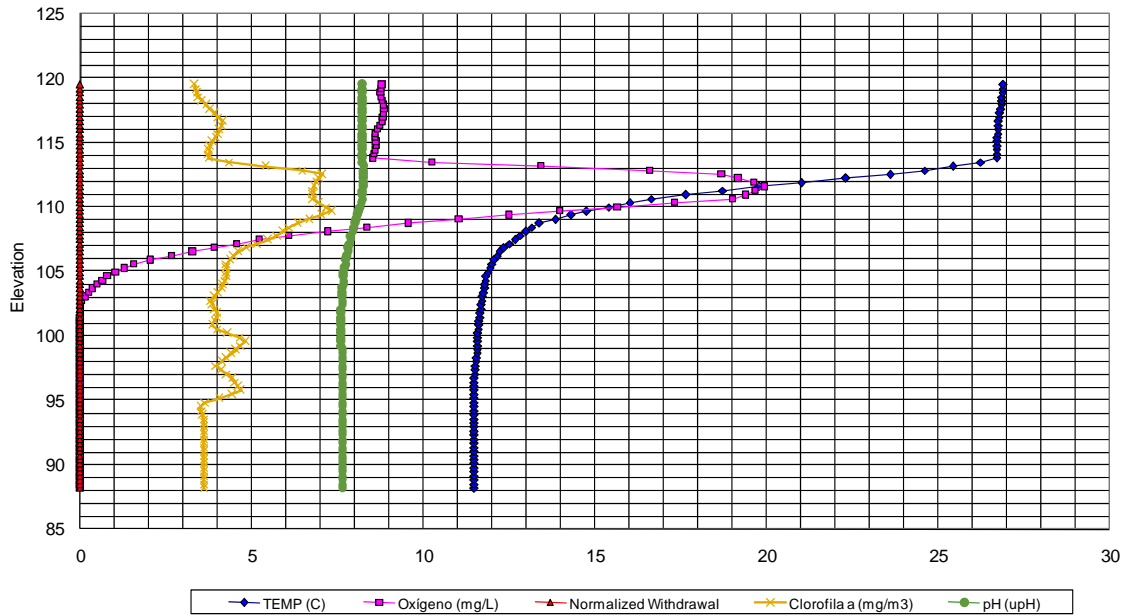
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	26,885	8,79	3,315	972,98	8,225
1	26,86	8,75	3,4	972,69	8,23
2	26,82	8,86	3,75	972,25	8,23
3	26,74	8,81	4,15	973,16	8,22
4	26,73	8,59	4,01	973,4	8,22
5	26,7	8,63	3,76	973,71	8,22
6	26,69	8,5	3,73	973,6	8,22
7	24,1	18,5	7,09	919,53	8,27
8	20,03	20	6,8	898,53	8,26
9	16,68	19,14	6,77	909,03	8,21
10	14,71	13,85	7,33	932,82	8,12
11	13,27	9,22	6,23	944,2	8,01
12	12,76	5,63	5,67	950,29	7,88
13	12,25	3,54	4,67	951,1	7,81
14	12,01	1,63	4,26	953,13	7,73
15	11,82	0,81	4,28	952,89	7,67
16	11,77	0,35	4,11	951,45	7,65
17	11,69	0,01	3,8	950,63	7,63
18	11,65	0	4,01	959,63	7,61
19	11,59	0	3,8	948,17	7,61
20	11,57	0	4,84	946,92	7,61
21	11,56	0	4,44	945,22	7,63
22	11,51	0	3,96	943,03	7,63
23	11,48	0	4,44	942,53	7,63
24	11,47	0	4,71	942,26	7,63
25	11,48	0	3,47	947,42	7,63
26	11,47	0	3,59	940,55	7,63
27	11,47	0	4,78	940,58	7,63
29	11,47	0	3,8	939,25	7,63





Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Withdrawal Results



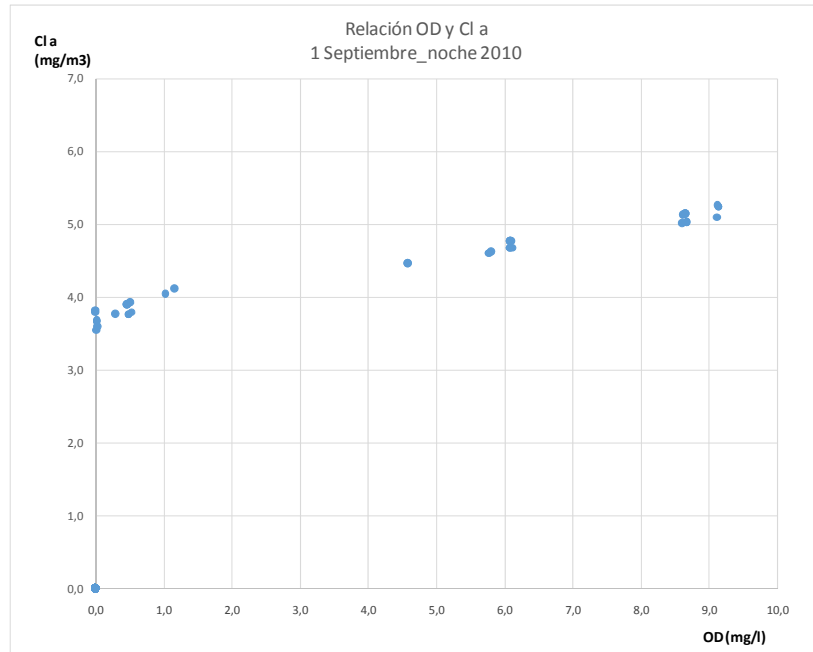
Noche:

Water Quality Profiles

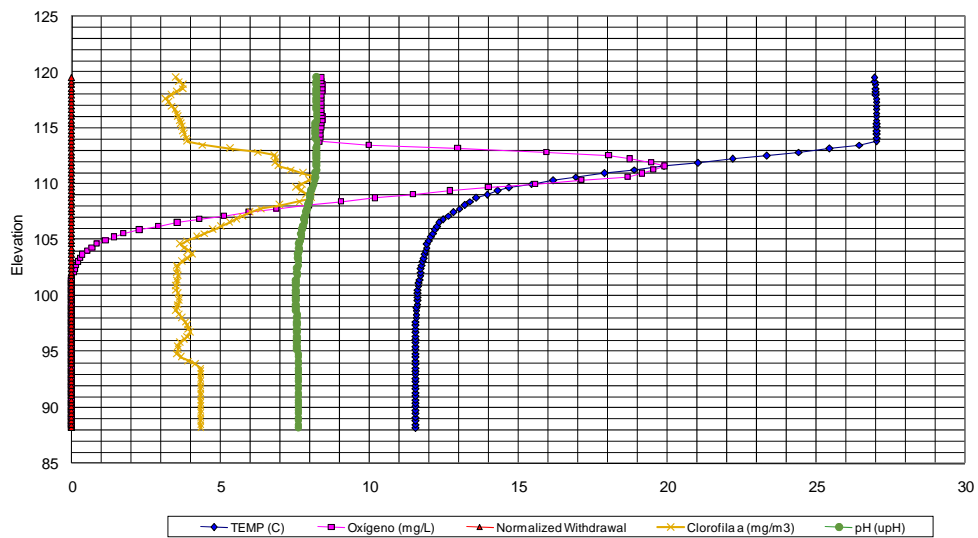
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m ³)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	26,935	8,365	3,445	971,23	8,22
1	26,98	8,42	3,81	971,2	8,22
2	27	8,39	3,15	970,9	8,22
3	27,01	8,39	3,45	970,89	8,22
4	27,01	8,42	3,66	970,96	8,21
5	27,02	8,35	3,76	970,95	8,19
6	27,01	8,32	3,9	971,09	8,21
7	23,8	17,75	6,82	905,69	8,23
8	20,13	20	6,85	897,33	8,23
9	16,96	18,79	8,15	904,6	8,19
10	14,62	13,88	7,53	936,72	8,07
11	13,5	9,89	8,11	942,79	8,01
12	12,94	6,46	6,11	947,47	7,9
13	12,35	3,83	5,4	948,48	7,81
14	12,15	1,82	4,57	949,72	7,73
15	11,93	0,87	3,62	949,85	7,65
16	11,84	0,35	4,07	949,61	7,61
17	11,73	0,14	3,51	948,22	7,59
18	11,69	0	3,56	946,67	7,55
19	11,62	0	3,49	945,55	7,55
20	11,61	0	3,62	944,49	7,55
21	11,56	0	3,49	942,55	7,55
22	11,55	0	3,8	941,3	7,57
23	11,55	0	4	940,73	7,57
24	11,53	0	3,6	939,78	7,57
25	11,53	0	3,52	939,35	7,59
26	11,55	0	4,32	939,22	7,59
27	11,55	0	4,17	937,4	7,59
29	11,55	0	4,48	937,25	7,59



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)



Withdrawal Results





AÑO 2012
JUNIO
Día 1

General Information	
Example 2	
01-jun-2012	
Title	Example 2
Day	1
Month	6
Year	2012
WSE	123,75
LBE	88,00
Units	9,81

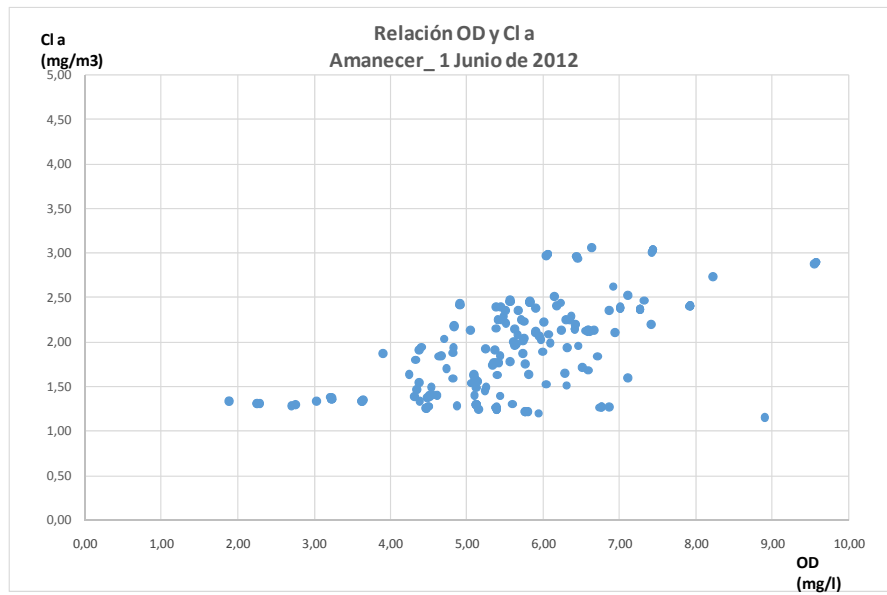
Amanecer:

Water Quality Profiles

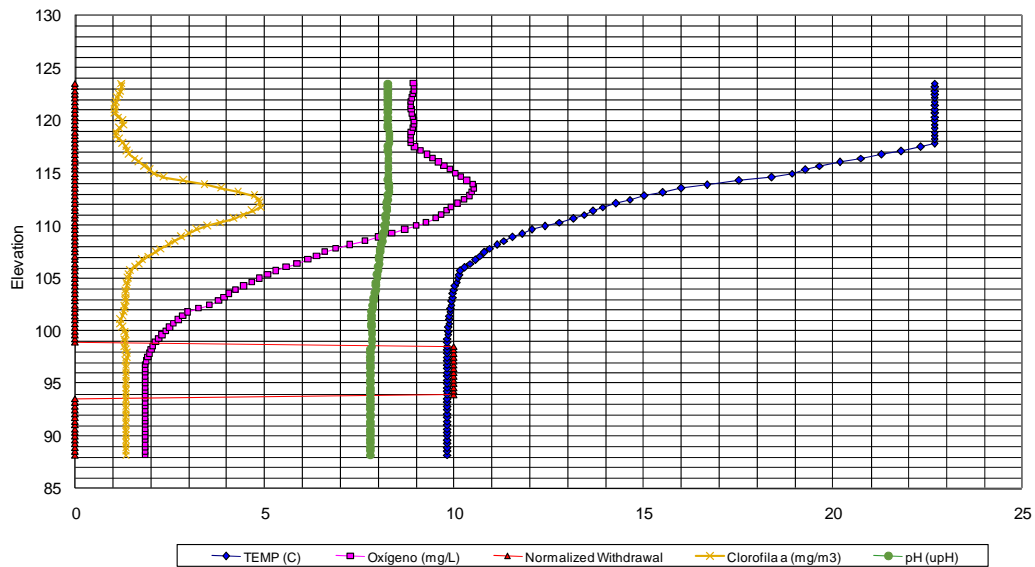
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	22,68	8,93	1,24	901,29	8,26
1	22,685	8,945	1,19	901,73	8,265
2	22,68	8,85	1,07	903,32	8,27
3	22,69	8,89	1,04	903,2	8,27
4	22,68	8,96	1,31	903,5	8,27
5	22,68	8,86	1,02	905,15	8,28
6	22,68	8,85	1,29	905,54	8,28
7	21,25	9,3	1,43	900,21	8,25
8	19,69	9,72	1,81	899,59	8,25
9	18,67	10,14	2,17	901,2	8,25
10	16,26	10,56	3,64	902,29	8,3
11	14,89	10,4	4,83	906,03	8,27
12	13,89	9,92	4,89	910,29	8,23
13	13,21	9,56	4,23	909,73	8,21
14	12,13	8,82	3,27	910,48	8,17
15	11,42	7,86	2,72	913,39	8,12
16	10,88	6,77	2,22	916,97	8,07
17	10,55	6,13	1,77	914,77	8,03
18	10,17	5,32	1,47	918,43	8
19	10,07	4,73	1,38	914,85	7,96
20	9,98	4,15	1,33	917	7,93
21	9,93	3,75	1,34	918,14	7,88
22	9,89	2,96	1,27	919,38	7,83
23	9,86	2,62	1,18	920,22	7,83
24	9,84	2,33	1,35	920,65	7,82
25	9,81	2,08	1,29	921,35	7,82
26	9,81	1,95	1,38	921,46	7,81
27	9,81	1,84	1,33	921,46	7,81
29	9,81	1,79	1,35	921,46	7,81
32	9,81	1,72	1,38	921,46	7,81



Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)



Withdrawal Results



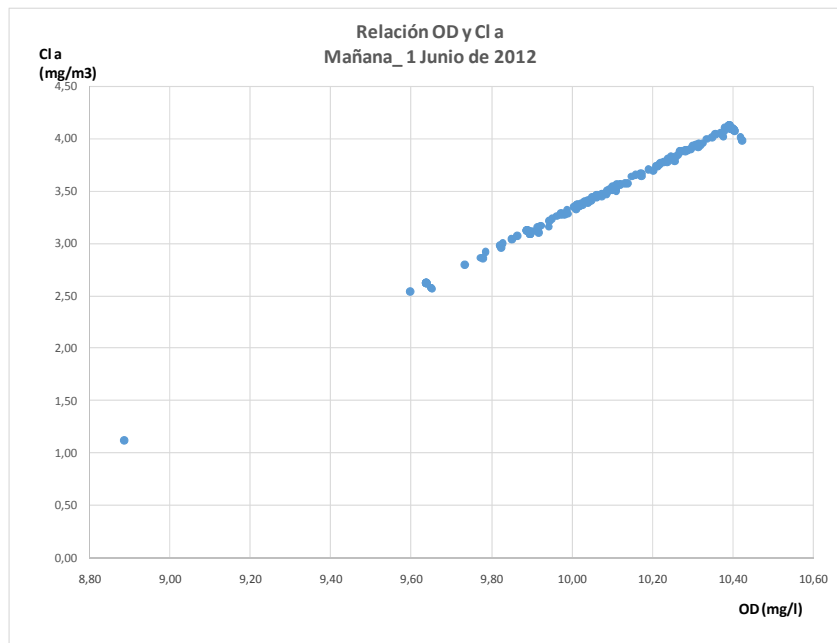


Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Mañana:

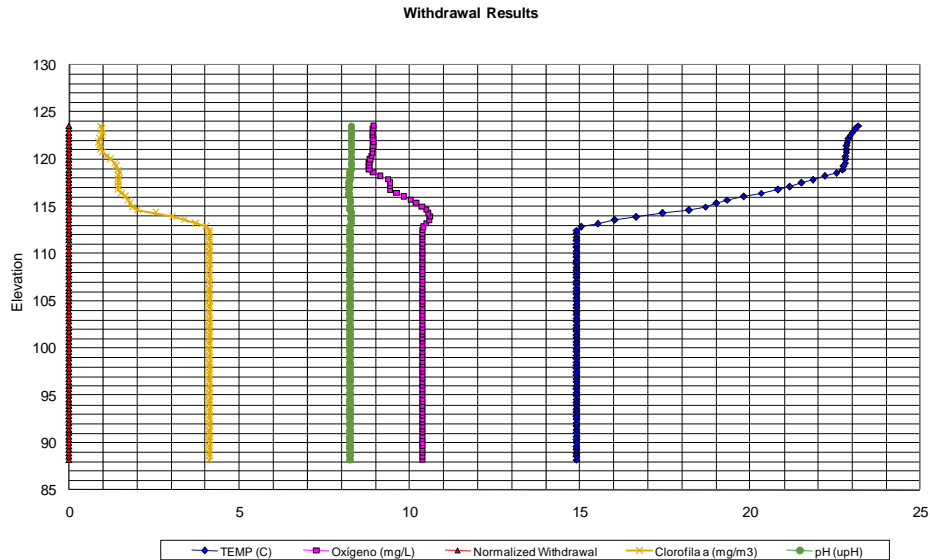
Water Quality Profiles

Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	23,22	8,96	0,92	904,33	8,28
1	22,97	8,91	0,99	904,49	8,28
2	22,85	8,94	0,87	902,39	8,28
3	22,82	8,92	0,98	903,59	8,28
4	22,8	8,82	1,31	903,27	8,28
5	22,71	8,82	1,48	904,95	8,28
6	21,75	9,44	1,45	903,39	8,25
7	20,79	9,43	1,45	903,33	8,23
8	19,37	10,01	1,73	903,49	8,25
9	18,47	10,48	1,88	902,69	8,26
10	16,28	10,63	3,25	901,72	8,3
11	14,9	10,39	4,13	906,01	8,26
12	14,01	10,01	4,11	908,4	8,25
13	13,21	9,57	3,6	909,73	8,22





Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)



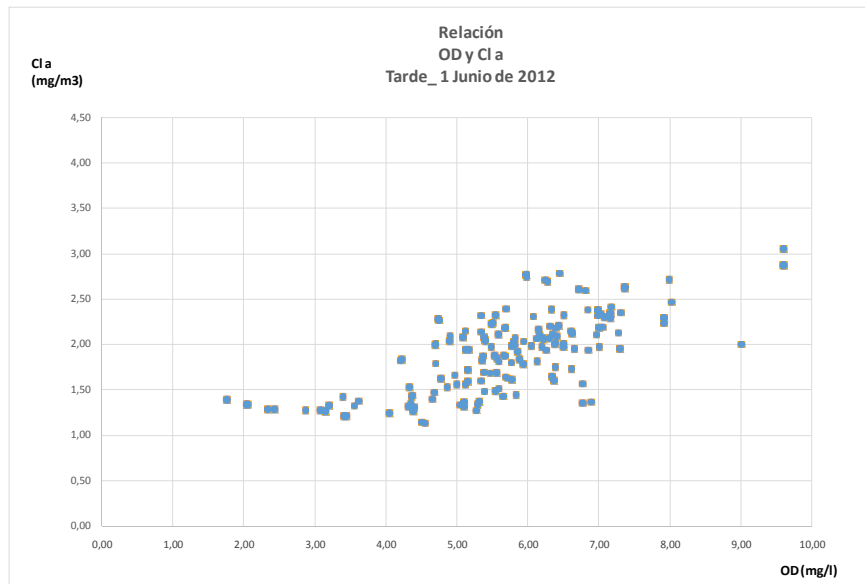
Tarde:

Water Quality Profiles

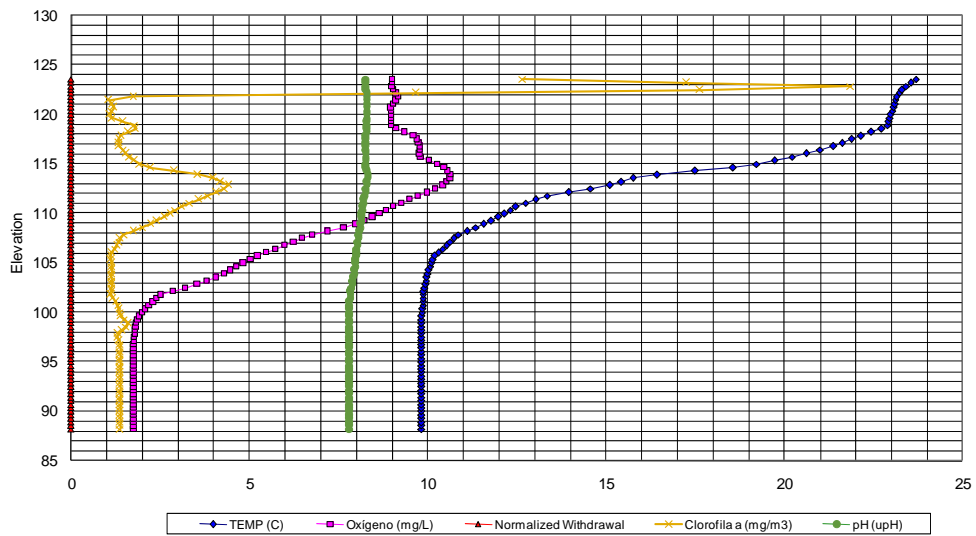
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	23,75	9,01	10,36	907,6	8,26
1	23,36	8,985	23,225	908,91	8,27
2	23,13	9,18	0,98	906,96	8,28
3	23,07	8,96	1,2	906,73	8,28
4	22,95	8,98	1,05	906,83	8,28
5	22,88	8,98	1,92	908,16	8,3
6	22,06	9,66	1,32	904,8	8,27
7	21,34	9,78	1,35	902,07	8,26
8	20,27	9,76	1,62	904,17	8,25
9	18,89	10,43	2,02	900,88	8,26
10	15,92	10,68	3,87	899,43	8,32
11	15,01	10,4	4,46	903,65	8,28
12	13,3	9,71	3,82	907,85	8,23
13	12,48	9,05	3,1	910,16	8,19
14	12,05	8,52	2,66	912,38	8,15
15	11,46	7,88	2,13	912,2	8,12
16	10,8	6,65	1,41	917,07	8,06
17	10,52	5,98	1,27	912,39	8,02
18	10,19	5,26	1,09	916,03	8
19	10,07	4,69	1,14	914,86	7,97
20	9,98	4,21	1,13	916,96	7,93
21	9,92	3,47	1,14	918,55	7,87
22	9,86	2,5	1,11	920,23	7,82
23	9,86	2,2	1,29	920,27	7,81
24	9,82	1,92	1,37	921,01	7,81
25	9,81	1,81	1,62	921,46	7,81
26	9,81	1,78	1,28	921,33	7,81
27	9,81	1,75	1,37	921,45	7,81
29	9,81	1,73	1,37	921,44	7,81
32	9,81	1,75	1,29	921,41	7,81



*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*



Withdrawal Results



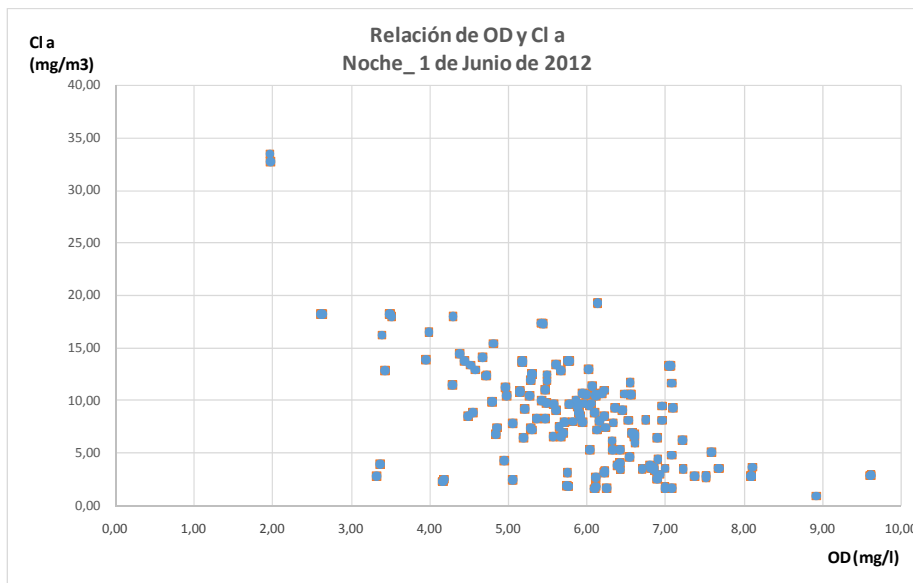


Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Noche:

Water Quality Profiles

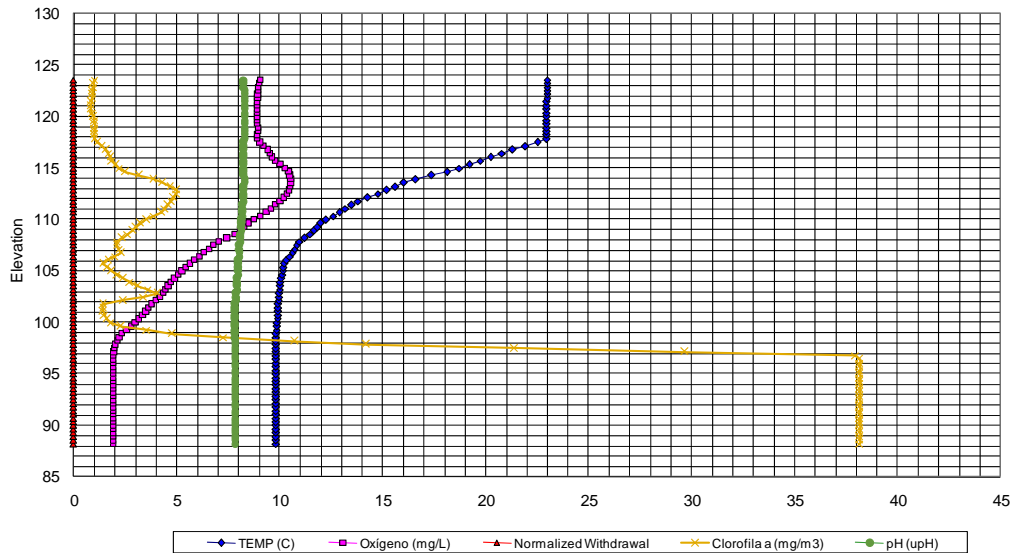
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	22,97	9,09	1	906,47	8,26
1	22,965	8,97	0,945	906,505	8,275
2	22,97	8,93	0,88	906,4	8,28
3	22,95	8,9	0,84	906,73	8,28
4	22,95	8,9	1	906,83	8,28
5	22,95	8,96	1,03	906,86	8,28
6	22,94	8,9	0,99	907,07	8,28
7	21,25	9,44	1,59	903,71	8,25
8	19,77	9,75	1,84	905,13	8,25
9	18,36	10,42	2,3	904,22	8,26
10	16,24	10,57	4,15	902,71	8,28
11	15,09	10,47	5,09	906,97	8,27
12	13,76	10,02	4,71	910,98	8,23
13	12,93	9,39	4,31	913,15	8,21
14	12,05	8,56	3,3	912,07	8,16
15	11,6	8,02	2,78	913,61	8,13
16	10,9	6,97	2,01	914,58	8,07
17	10,61	6,33	2,29	913,19	8,03
18	10,22	5,67	1,38	916,91	8,01
19	10,13	5,15	2	913,64	7,98
20	10,01	4,65	2,87	916,45	7,95
21	9,98	4,34	4,15	916,84	7,91
22	9,92	3,79	1,37	917,15	7,86
23	9,9	3,38	1,45	917,09	7,86
24	9,86	2,88	1,87	920,15	7,84
25	9,81	2,26	5,32	921,33	7,83
26	9,81	2,03	15	921,46	7,82
27	9,81	1,92	38,16	921,45	7,82
29	9,81	1,83	18,11	921,46	7,81
32	9,81	1,81	17,31	921,46	7,82





Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Withdrawal Results



DÍA 30

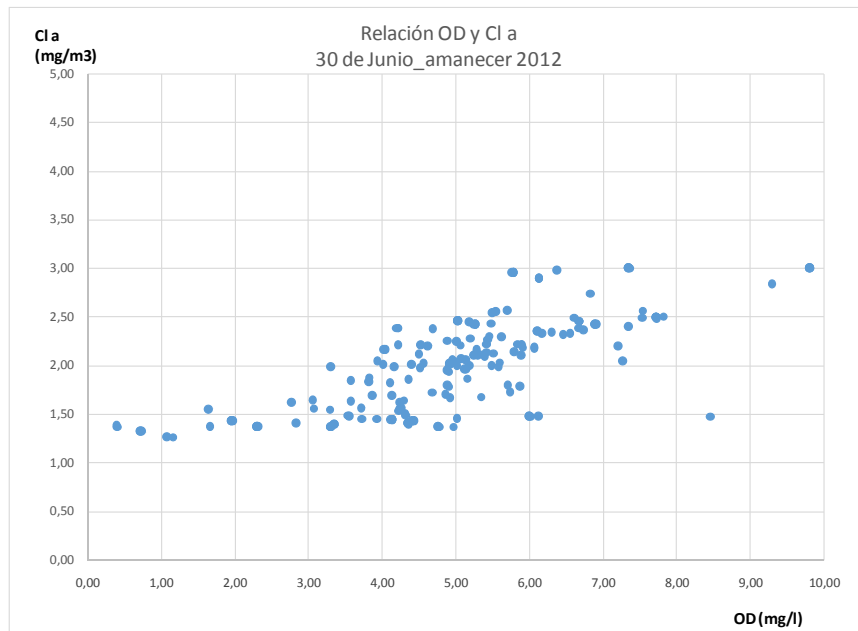
Amanecer:

Water Quality Profiles

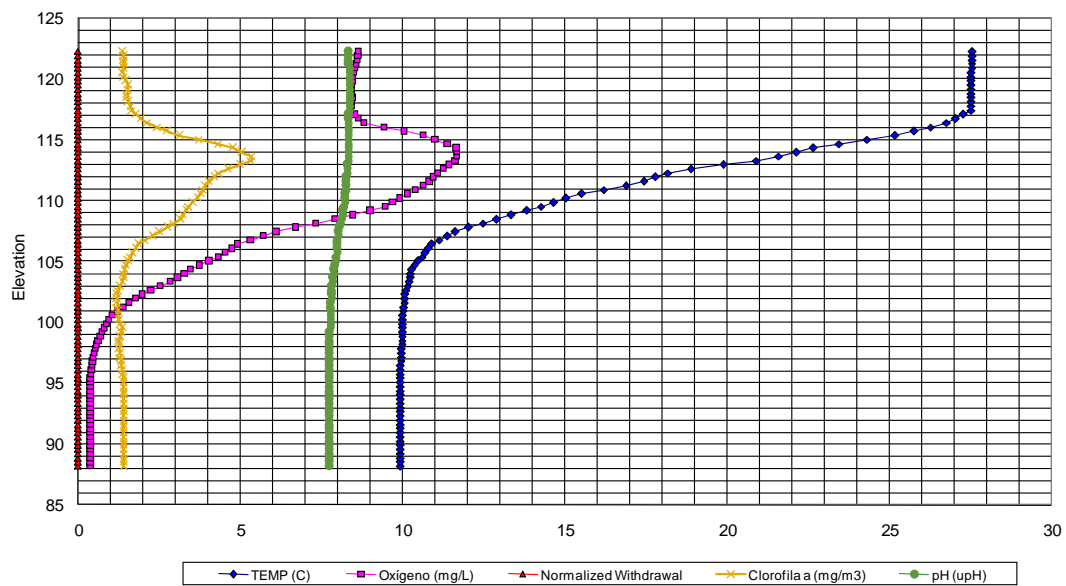
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	27,54	8,63	1,37	908,75	8,34
1	27,53	8,6	1,415	908,72	8,34
2	27,51	8,46	1,37	909,3	8,35
3	27,5	8,43	1,54	909,75	8,35
4	27,5	8,44	1,5	910,55	8,35
5	27,5	8,39	1,64	910,3	8,35
6	26,8	8,76	2,09	908,89	8,32
7	25,32	10,56	3	908,47	8,32
8	22,8	11,64	4,71	906,95	8,32
9	21,25	11,68	5,48	903,79	8,32
10	18,34	11,15	4,4	905,36	8,28
11	17,26	10,76	3,96	903,79	8,26
12	15,27	10,07	3,75	905,86	8,23
13	14,16	9,4	3,37	912,08	8,19
14	12,81	7,84	3,15	916,43	8,12
15	11,6	6,07	2,5	920	8,02
16	10,88	4,93	1,84	917,86	7,99
17	10,61	4,37	1,62	920,39	7,96
18	10,26	3,51	1,43	918,77	7,89
19	10,21	2,94	1,37	920,09	7,84
20	10,07	2,07	1,2	920,53	7,81
21	10,03	1,48	1,2	921,67	7,78
22	9,98	1	1,22	919,41	7,76
23	9,98	0,78	1,37	917,07	7,76
24	9,97	0,61	1,25	917,29	7,75
25	9,96	0,48	1,29	917,82	7,75
26	9,93	0,43	1,34	918,15	7,75
27	9,93	0,37	1,39	918,22	7,75
29	9,92	0,36	1,32	918,36	7,75
32	9,92	0,33	1,29	918,53	7,75



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)



Withdrawal Results

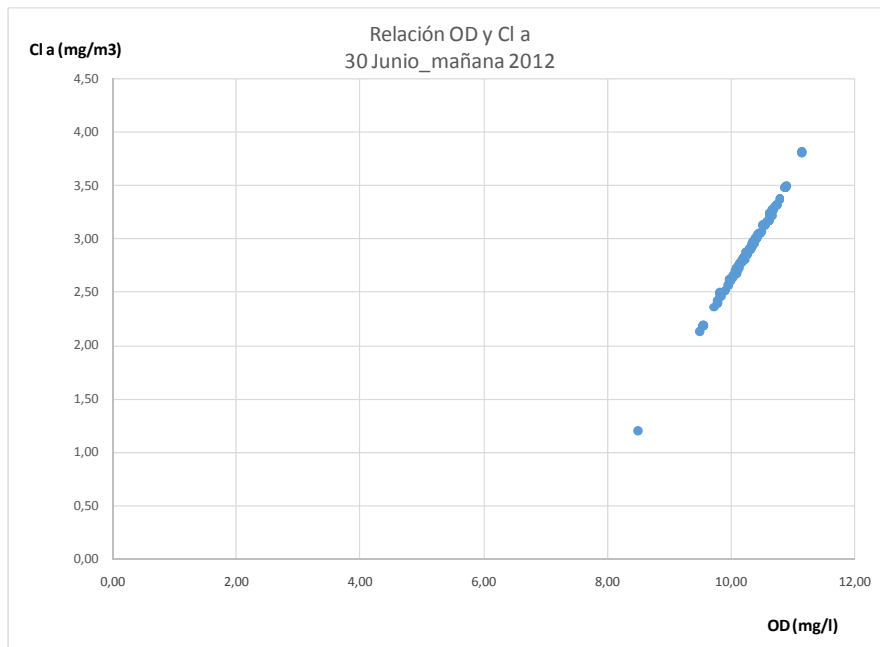




Mañana:

Water Quality Profiles

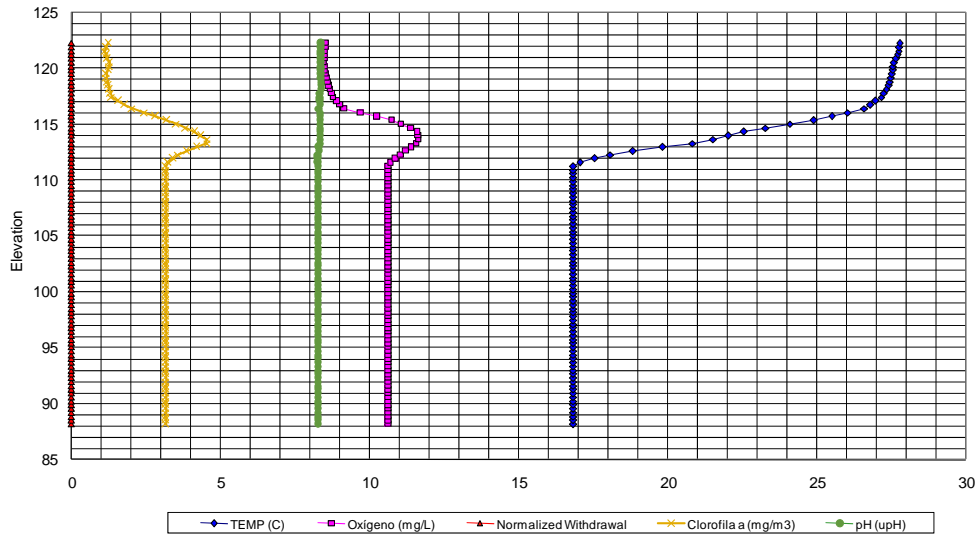
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	27,77	8,52	1,23	914,47	8,36
1	27,73	8,495	1,1	912,395	8,36
2	27,56	8,46	1,29	912,03	8,36
3	27,51	8,52	1,15	911,26	8,36
4	27,39	8,62	1,23	910,94	8,35
5	27,14	8,78	1,34	911,73	8,34
6	26,62	9,09	2	910,42	8,31
7	25,04	10,68	3,14	910,7	8,32
8	22,68	11,6	4,05	907,23	8,32
9	21,19	11,63	4,65	905,14	8,32
10	18,3	11,11	3,65	906,02	8,27
11	16,82	10,62	3,17	907,46	8,25
12	15,36	10,18	3	908,89	8,23
13	14,27	9,55	2,9	911,36	8,21





Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)

Withdrawal Results



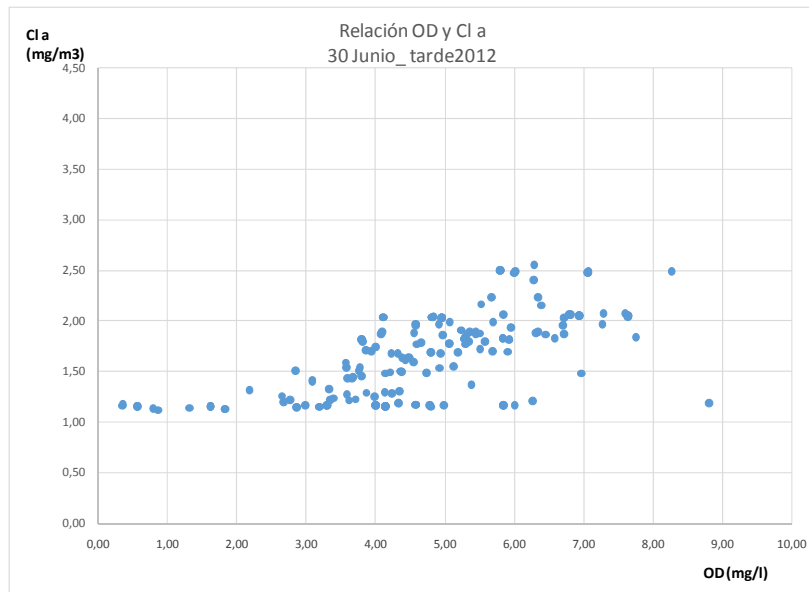
Tarde:

Water Quality Profiles

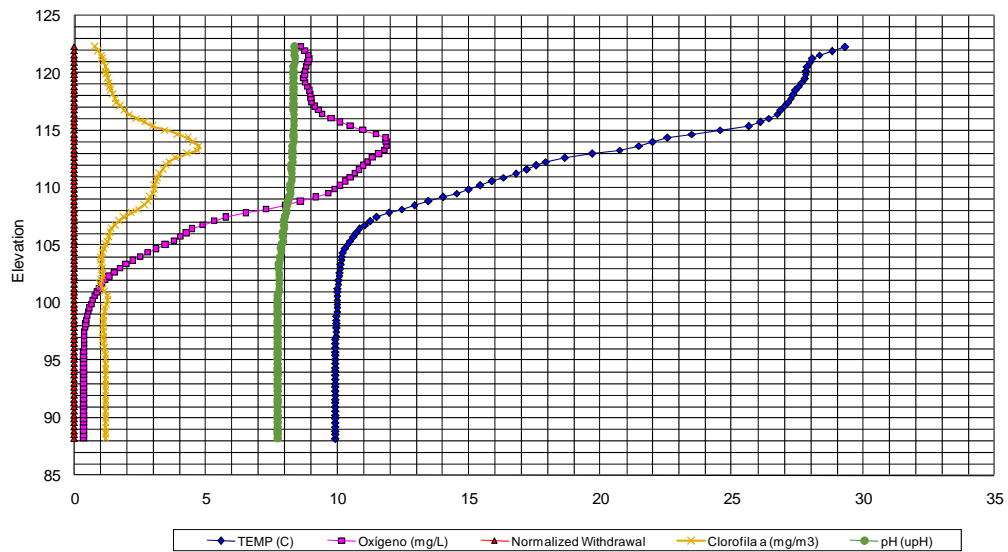
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	29,55	8,56	0,74	915,65	8,39
1	28,13	8,95	1,06	912,665	8,38
2	27,84	8,82	1,18	915,77	8,36
3	27,77	8,72	1,29	916,23	8,36
4	27,42	8,96	1,4	912,59	8,36
5	27,14	9,02	1,61	915,03	8,36
6	26,75	9,4	2,04	912,33	8,34
7	25,85	10,4	2,91	907,45	8,34
8	22,7	11,82	4,26	905,15	8,35
9	21,12	11,9	4,86	906,08	8,32
10	18,11	11,22	3,64	903,14	8,3
11	17,04	10,77	3,29	905,38	8,26
12	15,73	10,26	3,08	905,83	8,25
13	14,43	9,63	2,98	908,5	8,21
14	12,85	7,95	2,66	915,29	8,11
15	11,46	5,73	1,87	916,09	8,02
16	10,84	4,49	1,37	918,9	7,97
17	10,5	3,84	1,29	918,29	7,93
18	10,21	2,86	1,05	920,09	7,86
19	10,13	2,05	1,04	921,01	7,8
20	10,07	1,39	1,08	920,54	7,77
21	10,02	0,98	0,99	921,96	7,77
22	9,98	0,75	1,29	922,33	7,76
23	9,98	0,57	1,15	917,28	7,75
24	9,97	0,46	1,09	917,38	7,75
25	9,94	0,37	1,11	917,95	7,75
26	9,93	0,37	1,11	918,13	7,75
27	9,93	0,35	1,18	918,14	7,75
29	9,93	0,34	1,24	918,15	7,75
32	9,93	0,33	1,28	918,21	7,75



Título: Optimización de la calidad del agua extraída del embalse de Amadorio (Alicante)



Withdrawal Results

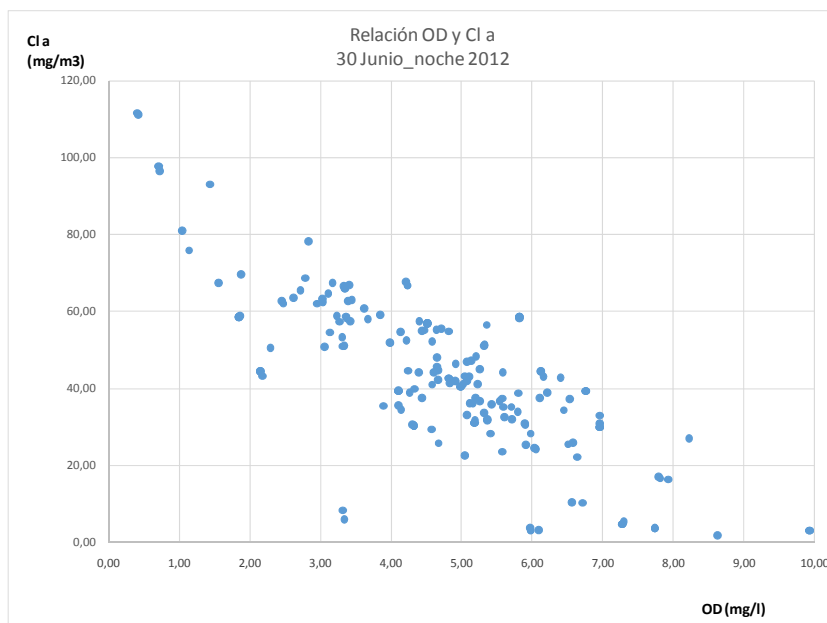




Noche

Water Quality Profiles

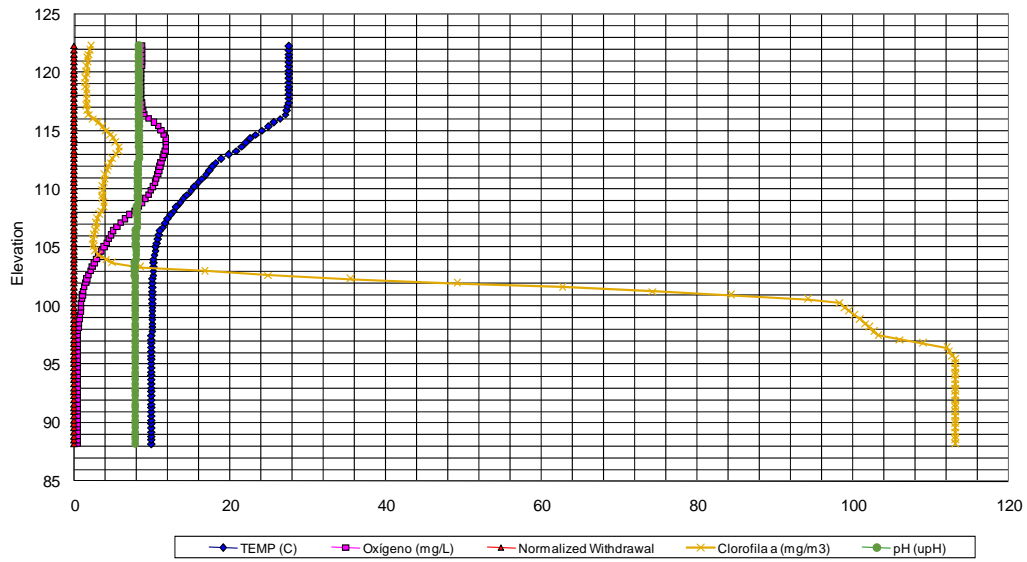
Depth	Temp (C)	QUAL-1	QUAL-2	QUAL-3	QUAL-4
	TEMP (C)	Oxígeno (mg/L)	Clorofila a (mg/m3)	Conductividad (uS/cm)	pH (upH)
0	27,51	8,68	2,14	918,86	8,36
1	27,5	8,695	1,8	918,81	8,35
2	27,5	8,66	1,62	918,86	8,36
3	27,5	8,57	1,49	918,76	8,36
4	27,5	8,59	1,52	918,43	8,36
5	27,5	8,65	1,55	918,94	8,35
6	27,14	8,89	1,79	915,13	8,34
7	25,04	10,76	3,54	909,52	8,35
8	22,68	11,77	5,01	909,86	8,34
9	21,13	11,78	5,84	910,3	8,32
10	18,3	11,23	4,67	908,41	8,27
11	17,14	10,81	4,05	903,21	8,25
12	15,71	10,34	3,71	906,01	8,25
13	14,31	9,51	3,7	910,82	8,21
14	13,02	8,26	3,77	911,71	8,13
15	11,97	6,48	2,94	918,96	8,03
16	11	5,03	2,68	916,98	8
17	10,61	4,25	2,34	918,77	7,95
18	10,26	3,24	2,87	918,83	7,89
19	10,13	2,41	5,57	921,51	7,83
20	10,06	1,73	29,54	920,63	7,77
21	10,02	1,23	68,85	921,93	7,76
22	9,98	0,93	97,94	918,66	7,76
23	9,97	0,82	99,73	917,32	7,75
24	9,96	0,57	101,68	919,64	7,75
25	9,93	0,46	103,21	918,14	7,75
26	9,93	0,43	112	918,14	7,75
27	9,93	0,4	113,15	918,19	7,75
29	9,93	0,37	113,63	918,29	7,75
32	9,92	0,32	93,13	918,53	7,75





*Título: Optimización de la calidad del agua extraída
del embalse de Amadorio (Alicante)*

Withdrawal Results



10. LISTADO DE FIGURAS Y TABLAS.

FIGURAS.

FIGURA 1. ESQUEMA DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DE LA MARINA BAJA.....	8
FIGURA 2. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DE LA MARINA BAJA RESPECTO AL RESTO DE SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN CONSIDERADOS EN LA CHJ.	15
FIGURA 3. MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL SISTEMA DE LA MARINA BAJA.	17
FIGURA 4. LOCALIZACIÓN EMBALSES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DE LA MARINA BAJA.	18
FIGURA 5. TRASVASE AL EMALSE DE AMADORIO.	20
FIGURA 6. EMBALSE DE AMADORIO.....	21
FIGURA 7. INSTALACIÓN ANTERIOR Y ACTUAL DE LAS TOMAS DEL EMBALSE.....	23
FIGURA 8. SITUACIÓN DE LAS ESTACIONES EN LAS QUE SE TOMAS LOS DATOS DE CALIDAD.	32
FIGURA 9. HIDROLOGÍA PARA UN AÑO MEDIO EN EL EMBALSE DE AMADORIO.....	37
FIGURA 10. APORTACIÓN ANUAL ENTRADA Y SALIDA DEL EMBALSE DE AMADORIO. (SERIE HISTÓRICA 1958-2012).	38
FIGURA 11. REGISTRO HISTÓRICO DE VOLÚMENES EMBALSADOS EN AMADORIO.	39
FIGURA 12. DATOS DE RESERVA MENSUAL EN Hm^3 EN EL EMBALSE DE AMADORIO.	40
FIGURA 13. EVOLUCIÓN ANUAL DE LOS PERFILES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA. AÑO 2010.....	43
FIGURA 14. EVOLUCIÓN ANUAL DE LOS PERFILES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA. AÑO 2011.	44
FIGURA 15. EVOLUCIÓN ANUAL DE LOS PERFILES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA. AÑO 2012.	45
FIGURA 16. EVOLUCIÓN ANUAL DE LOS PERFILES DE CLOROFILA A. AÑO 2010.....	47
FIGURA 17. EVOLUCIÓN ANUAL DE LOS PERFILES DE CLOROFILA A. AÑO 2011.....	49
FIGURA 18. EVOLUCIÓN ANUAL DE LOS PERFILES DE CLOROFILA A. AÑO 2012.....	49
FIGURA 19. EVOLUCIÓN ANUAL DE LOS PERFILES DE PH. AÑO 2010.	52
FIGURA 20. EVOLUCIÓN ANUAL DE LOS PERFILES DE PH. AÑO 2011.	52
FIGURA 21. EVOLUCIÓN ANUAL DE LOS PERFILES DE PH. AÑO 2012.	53
FIGURA 22. PERFILES DE CONCENTRACIONES DE OXÍGENO DISUELTO Y TEMPERATURA EN EL MES DE FEBRERO.	56
FIGURA 23. PERFILES DE CONCENTRACIONES DE OXÍGENO DISUELTO Y TEMPERATURA EN EL MES DE MARZO.	58
FIGURA 24. PERFILES DE CONCENTRACIONES DE OXÍGENO DISUELTO Y TEMPERATURA EN EL MES DE ABRIL.....	59
FIGURA 25. PERFILES DE CONCENTRACIONES DE OXÍGENO DISUELTO Y TEMPERATURA EN EL MES DE MAYO.....	61
FIGURA 26. PERFILES DE CONCENTRACIONES DE OXÍGENO Y TEMPERATURA EN EL MES DE JUNIO.	63
FIGURA 27. PERFILES DE CONCENTRACIONES DE OXÍGENO Y TEMPERATURA EN EL MES DE JULIO.....	65
FIGURA 28. PERFILES DE CONCENTRACIONES DE OXÍGENO DISUELTO Y TEMPERATURA EN EL MES DE AGOSTO.	66
FIGURA 29. PERFILES DE CONCENTRACIONES DE OXÍGENO DISUELTO Y TEMPERATURA EN EL MES DE SEPTIEMBRE.	67
FIGURA 30. PERFILES DE CONCENTRACIONES DE OXÍGENO DISUELTO Y TEMPERATURA EN EL MES DE OCTUBRE.	69



FIGURA 31. PERFILES DE CONCENTRACIONES DE OXÍGENO DISUELTO Y TEMPERATURA EN EL MES DE NOVIEMBRE.	70
FIGURA 32. GRÁFICO RELATIVO A LOS PERFILES DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA EXTRAÍDA.	96
FIGURA 33. RELACIÓN ENTRE OXÍGENO DISUELTO Y CLOROFILA A , DURANTE EL AMANECER, MAÑANA, TARDE Y NOCHE DEL 1 DE JUNIO DE 2012.	108
FIGURA 34. ALTERNATIVAS ÓPTIMAS EN LA RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA A (MG/M³) Y EL OXÍGENO DISUELTO (MG/L).	109
FIGURA 35. RESULTADOS GRÁFICOS DE EXTRACCIÓN DE AGUA. CONDICIÓN ÓPTIMA PARA EL DÍA 1 DE JUNIO_AMANECER DE 2012.	120
FIGURA 36. ALTERNATIVAS QUE NO CUMPLEN LA CONDICIÓN DE CALIDAD ÓPTIMA ESTABLECIDA, EN LA RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA A (MG/M³) Y EL OXÍGENO DISUELTO (MG/L).	121
FIGURA 37. ALTERNATIVAS ÓPTIMAS EN LA RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA A (MG/M³) Y OXÍGENO DISUELTO (MG/L).	123
FIGURA 38. RESULTADOS GRÁFICOS DE EXTRACCIÓN DE AGUA. CONDICIÓN ÓPTIMA DEL DÍA 1 DE JUNIO_MAÑANA DE 2012.	126
FIGURA 39. ALTERNATIVAS QUE NO CUMPLEN LA CONDICIÓN DE CALIDAD ÓPTIMA EN LA RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA A (MG/M³) Y EL OXÍGENO DISUELTO (MG/L).	127
FIGURA 40. ALTERNATIVAS ÓPTIMAS EN LA RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA A (MG/M³) Y EL OXÍGENO DISUELTO (MG/L).	128
FIGURA 41. RESULTADOS GRÁFICOS DE EXTRACCIÓN DE AGUA. CONDICIÓN ÓPTIMA PARA EL DÍA 1 DE JUNIO_TARDE DE 2012.	131
FIGURA 42. ALTERNATIVAS QUE NO CUMPLEN LA CONDICIÓN DE CALIDAD ÓPTIMA ESTABLECIDA EN LA RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA A (MG/M³) Y EL OXÍGENO DISUELTO (MG/L).	132
FIGURA 43. ALTERNATIVAS ÓPTIMAS EN LA RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA A (MG/M³) Y EL OXÍGENO DISUELTO (MG/L).	133
FIGURA 44. RESULTADOS GRÁFICOS DE EXTRACCIÓN DE AGUA. CONDICIÓN ÓPTIMA PARA EL DÍA 1 DE JUNIO_NOCHE DE 2012.	136
FIGURA 45. ALTERNATIVAS QUE NO CUMPLEN LA CONDICIÓN DE CALIDAD ÓPTIMA ESTABLECIDA EN LA RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA A (MG/M³) Y EL OXÍGENO DISUELTO (MG/L).	137
FIGURA 46. RESULTADOS GRÁFICOS DE EXTRACCIÓN DE AGUA, MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO A). DÍA 15 DE AGOSTO_TARDE DE 2012.	142
FIGURA 47. RESULTADOS GRÁFICOS DE EXTRACCIÓN DE AGUA MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO B). DÍA 15 DE AGOSTO_TARDE DE 2010.	143



TABLAS.

TABLA 1. CLASIFICACIÓN TRÓFICA ESTABLECIDA POR LA OECD (1982)	6
TABLA 2. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE DE AMADORIO	22
TABLA 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (RANGO Y PRECISIÓN DE LA MEDIDA) DE LOS SENSORES INSTALADOS EN LA Sonda MULTIPARAMÉTRICA	25
TABLA 4. INFORMACIÓN DISPONIBLE Y ORGANISMOS SUMINISTRADORES	31
TABLA 5. DISPONIBILIDAD DE DATOS EN LA ICA "EMBALSE DE AMADORIO"	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 6. TRAMOS CON CONTROL INTENSIVO	33
TABLA 7. PARÁMETROS MEDIDOS CON LA Sonda MULTIPARAMÉTRICA Y DISPONIBILIDAD DE LOS MISMOS	36
TABLA 8. GRADO DE MINERALIZACIÓN DEL AGUA EN FUNCIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	42
TABLA 9. CLASIFICACIÓN PARA DETERMINACIÓN DEL GRADO DE EUTROFIA SEGÚN OCDE	50
TABLA 10. RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA EXTRAÍDA	96
TABLA 11. RESULTADOS DE LAS 97 COMBINACIONES POSIBLES DE EXTRACCIÓN DE AGUA ENTRE LOS SEIS PUERTOS, PARA UN CAUDAL OBJETIVO DADO	99
TABLA 12. RESULTADO ALTERNATIVAS TRAS LAS SIMULACIONES	102
TABLA 13. VALORES EXIGIBLES A LAS AGUAS PREPOTABLES DESTINADAS AL ABASTECIMIENTO	104
TABLA 14. INDICADORES Y VALORACIÓN DE LOS PARÁMETROS CONSIDERADOS PARA ESTIMAR EL POTENCIAL ECOLÓGICO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 15. PARÁMETROS DE CALIDAD ÓPTIMOS PARA AGUAS PREPOTABLES A LA ENTRADA DE LA POTABILIZADORA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 16. ALTERNATIVAS OBTENIDAS TRAS LA SIMULACIÓN Y LANZAMIENTO MONTECARLO	115
TABLA 17. ALTERNATIVAS QUE CUMPLEN LA CONDICIÓN DE CALIDAD ÓPTIMA ESTABLECIDA. DÍA 1 DE JUNIO_ AMANECER DE 2012	118
TABLA 18. ALTERNATIVAS QUE CUMPLEN LA CONDICIÓN DE CALIDAD ÓPTIMA ESTABLECIDA. DÍA 1 DE JUNIO_ MAÑANA DE 2012	124
TABLA 19. ALTERNATIVAS QUE CUMPLEN LA CONDICIÓN DE CALIDAD ÓPTIMA ESTABLECIDA. DÍA 1 DE JUNIO_ TARDE DE 2012	130
TABLA 20. ALTERNATIVAS QUE CUMPLEN LA CONDICIÓN ÓPTIMA DE CALIDAD ESTABLECIDA. DÍA 1 DE JUNIO_ NOCHE DE 2012	134
TABLA 21. PERFILES DE CALIDAD OBSERVADOS DURANTE EL DÍA 15 DE AGOSTO_ TARDE DE 2010	140