

Distribución vertical del mejillón cebra en el embalse de Iznájar. Estrategias de control: gestión de niveles

Verónica Gros Giraldo¹, Marta de la Cruz Vera^{2,3},
Víctor Juan Cifuentes Sánchez¹, Rafael Álvarez Giménez¹
y Juan Manuel Palero Sanz³

1. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir

2. Universidad de Córdoba

3. Empresa Provincial de Aguas de Córdoba (EMPROACSA)

En el año 2009 se detectó por primera vez mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) en el embalse de Iznájar y, desde entonces, se ha expandido por todo el embalse.

Además de las implicaciones a nivel ecológico (cambio de las características físico-químicas del agua, competencia con otras especies, etc.), su desarrollo conlleva un gran problema a nivel de infraestructuras hidráulicas al obstruirlas, causando grandes inconvenientes en captaciones (abastecimiento, regadío, centrales hidroeléctricas, etc.), en el paramento y elementos de presas, etc.

Por tanto, el conocimiento del desarrollo y ciclo vital de esta especie invasora en cada ecosistema al que coloniza resulta crucial para poder minimizar los daños causados en las distintas instalaciones, y poder realizar de forma eficaz la gestión del recurso hídrico.

Este artículo presenta la distribución vertical del mejillón cebra en el embalse de Iznájar

y su relación con los gradientes de temperatura y oxígeno (termoclina y oxiclina). La información obtenida resulta de gran importancia en la política de desembalses para el control del mejillón cebra y la preservación de infraestructuras hidráulicas y masas de agua.

PROBLEMAS QUE CAUSA EL MEJILLÓN CEBRA

El mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) es un molusco bivalvo de agua dulce de unos dos o tres centímetros de longitud que fue descubierto en el mar Caspio en 1771. Se trata de un organismo invasor dañino, capaz de originar cambios ecológicos drásticos en los ecosistemas donde se instala. El proceso de dispersión de esta especie ocurre debido a la interconexión de cuencas fluviales, el trasiego de embarcaciones u objetos con individuos fijados, la transmisión por parte de organismos vivos, etc.

Actualmente está presente y continua invadiendo aguas continentales (ríos, lagos, lagunas y embalses) de América del Norte y Europa debido a actividades y presiones humanas sobre las masas de agua.

En España, se detectó por primera vez en el año 2001 en el tramo bajo del Ebro y hoy en día se encuentra distribuido por toda las cuencas del Ebro, Júcar y Segura, País Vasco y Cataluña. Además, en 2009 se halló en el embalse granadino de los Bermejales y recientemente en el de Iznájar.

En lo referente a los factores que influyen en la supervivencia y proliferación del mejillón cebra se encuentran la velocidad del agua, el oxígeno disuelto, la concentración de calcio y el pH. En primer lugar, a velocidades superiores a 1,5 m/s las larvas tienen dificultades para fijarse al sustrato; en cuanto a la necesidad de oxígeno disuelto, esta va a variar en función de la temperatura del agua y de las condiciones fisiológicas del mejillón. La concentración de calcio va a ser un factor limitante, ya que es necesario para la formación de la concha, siendo necesarias concentraciones superiores a 10 mg/l. El rango de pH óptimo se encuentra entre 7,4 y 8,5. Por último, la profundidad no es un factor limitante per se, pero sí el conjunto de factores asociados (temperatura, oxígeno, disponibilidad de sustrato...) (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2007).

Uno de los grandes problemas que causa esta especie invasora, además de las implicaciones a nivel ecológico, es que afecta gravemente a las tuberías, rejillas, conducciones, equipos de bombeo de los sistemas de abastecimiento, riego, industriales, etc., al obturarlas debido a su rápida proliferación. Todo ello puede ocasionar la pérdida de eficiencia en captaciones, conducciones y bombeos, la anulación de equipos de monitorización y medida automáticos, incluso la interrupción del flujo, además de un mayor gasto para el mantenimiento de estas instalaciones. Este hecho ha dado lugar a una alarma generalizada a nivel mundial y, por tanto, a la búsqueda continua

de metodologías que permitan su erradicación y prevención.

Asimismo, debido a su complicada erradicación una vez asentado en las masas de agua, la gestión eficaz de los desembalses puede ser crucial como medida preventiva para el control de su expansión.

Este trabajo se centra en el estudio de la distribución vertical del mejillón cebra en el embalse de Iznájar. Para ello, junto con la colocación de testigos verticales para el control de la presencia de mejillón cebra adulto, se ha llevado a cabo periódicamente la medición de los gradientes de temperatura (formación de la termoclina) y oxígeno disuelto en agua en el embalse.

La correlación entre ambos parámetros ha permitido obtener información de gran importancia que resulta fundamental para tomar decisiones que permitan optimizar la gestión del recurso en maniobras de desembalse, con objeto de la eliminación del mejillón cebra y la preservación de infraestructuras hidráulicas y masas de agua abajo del mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la medida de temperatura y oxígeno se utilizó un oxímetro (Oxi 3310 IDS wtw) junto con una sonda de oxígeno y temperatura (FDO 925-P WTW).

Para el seguimiento de la presencia de individuos adultos de mejillón cebra se instalaron dos estaciones de control vertical de cota fija y profundidad variable junto al paramento de la presa. La estación de control consiste en un cabo de 50 metros de polipropileno de 12 mm de diámetro en el que se fueron marcando las cotas con nudos cada dos metros (tomándose la 421,06 m.s.n.m. correspondiente a la cota de lámina máxima), para el posterior control de fijación de individuos. Desde coronación se dejaron 7 metros previos a la marcación de la primera cota (421 m.s.n.m.). La estación de control vertical quedó de la forma siguiente:

Tabla 1. Marcado de cotas en la estación de control vertical a cota fija y profundidad variable

Cota (m.s.n.m)	421	420	418	416	414	412	410	408	406	404
Nº nudos	1	2	1	1	1	1	3	1	1	1
Cota (m.s.n.m)	402	400	398	396	394	392	390	388	386	384
Nº nudos	1	4	1	1	1	1	5	1	1	1

Para asegurar la verticalidad de la estación de muestreo se colocó al final de la misma un lastre.

CARACTERIZACIÓN DEL EMBALSE DE IZNÁJAR

El embalse de Iznájar se encuentra situado en el río Genil y es el embalse de mayor capacidad de Andalucía, con una cuenca vertiente de 5000 Km² y una capacidad de 981,1 hm³ (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir). Inicialmente fue diseñado para regadíos y regulación hidráulica pero, debido a la gran población a abastecer en el sur de la provincia de Córdoba (250 000 habitantes) se optó por utilizarlo para ello, garantizando así el suministro aún en los años de mayor sequía. En la actualidad cuenta con dos sistemas de captación de agua bruta que abastecen a 32 municipios de la provincia de Córdoba. A continuación se muestran las características físico-químicas del agua bruta del embalse de Iznájar.

Es un embalse monomítico caliente en el que se produce un periodo de estratificación térmica anual en la época más cálida, dando lugar a la formación de la termoclina (capa intermedia en la estratificación en la que se produce un gradiente brusco de temperatura, lo que lleva implícito un gradiente de densidad). Ello da lugar a la aparición de dos capas, superior (epilimnion) e inferior (hipolimnion), bien diferen-

ciadas que no se mezclan entre sí y que poseen características muy distintas. El epilimnion se caracteriza por aguas que se calientan y circulan, mientras que el hipolimnion está formado por aguas frías. La zona intermedia o metalimnion, también denominada termoclina, es el lugar de máximo gradiente vertical de temperatura y densidad. La termoclina, además de separar el epilimnion e hipolimnion, los aísla uno del otro dificultando la interacción entre ambos (Margalef, 1984).

En la época fría la temperatura y, por tanto, la densidad del agua es prácticamente la misma en todo el espesor del embalse. Bajo estas condiciones la distribución vertical de las propiedades del agua, como las concentraciones de oxígeno disuelto y nutrientes, se hace uniforme, estando el embalse en mezcla completa.

Al avanzar la estación, las capas superiores se calientan por radiación solar y convección, lo que reduce su densidad y da lugar a una estabilidad positiva al flotar dichas capas sobre el agua profunda que permanece a una temperatura más baja, dando lugar a la formación de la termoclina. En otoño, las capas superiores se enfrían, principalmente por la noche y el agua de mayor densidad se hunde a la profundidad que por aquella le corresponde, destruyéndose el gradiente y, por lo tanto, la termoclina (Margalef, 1984).

Tabla 2. Características físico-químicas del agua bruta del embalse de Iznájar (periodo enero - septiembre 2014)

Parámetro	Rango	Media
pH (unidades de pH)	7,92-8,09	8,03
Color (mg/l Pt/Co)	4,00-4,80	4,43
Turbidez (UNF)	1,10-1,26	1,18
Conductividad (µs/cm a 20°C)	813-831	824
Oxidabilidad (mg O ₂ /l)	0,90-1,20	1,01
Calcio (mg/l)	95-104	99

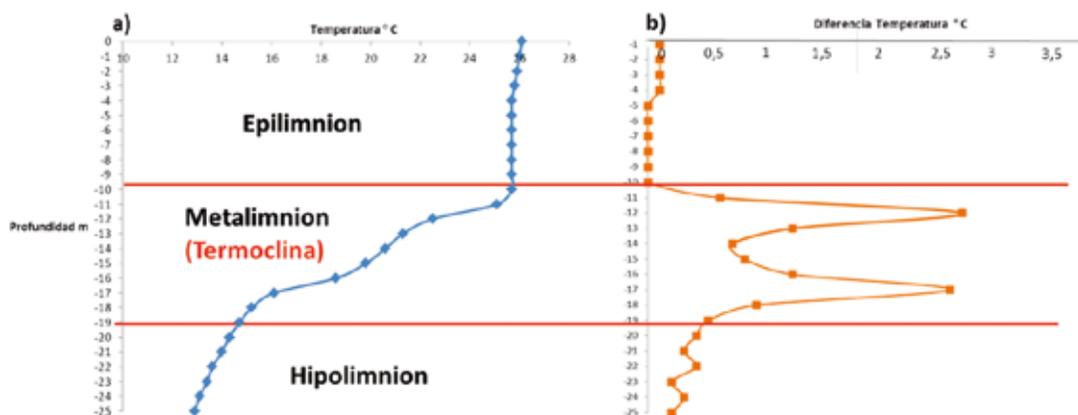


Figura 1. Estratificación térmica en el embalse de Iznájar (20/08/2014): epilimnion, metalimnion (termoclina) e hipolimnion; a) Expresado como temperatura frente a profundidad; b) expresado como diferencia de temperatura frente a profundidad.

A continuación se muestra el gradiente de temperatura y la diferencia de la misma (termoclina) medida en el embalse de Iznájar (20/08/2014):

En estas latitudes, la formación de la termoclina en los embalses posee un carácter periódico, fundamentalmente anual. Además, está relacionada no solo con el clima, sino también con la forma y tamaño del lago o embalse. Durante el verano suele estabilizarse a una profundidad que oscila entre 5 y 20 metros (Margalef, 1984).

En la figura 2 se muestra las variaciones de oxígeno y temperatura en función de la profundidad en el embalse de Iznájar durante el periodo comprendido entre los meses de abril-octubre de 2014. Como puede apreciarse, a

medida que se avanza hacia el periodo estival la temperatura aumenta desde 12 grados a inicios del mes de abril hasta 26 grados en agosto y septiembre, fecha a partir del cual comienza a descender. El gradiente de temperatura (termoclina) comienza a formarse a finales del mes de abril continuando estratificado en el mes de octubre. En la misma fecha también se forma el gradiente de oxígeno (oxiclina) llegando a valores en torno a cero a final del mes de agosto. En el caso concreto del embalse de Iznájar la termoclina y la oxiclina coinciden.

RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se muestra uno de los testigos de control vertical a cota fija y profundidad variable situado en el paramento de la presa de

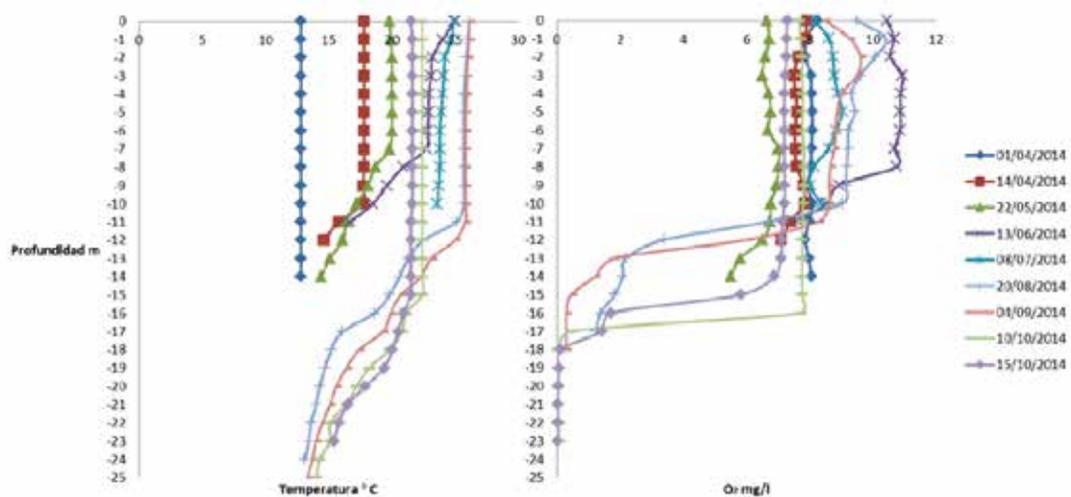


Figura 2. Evolución del gradiente de temperatura y oxígeno en el embalse de Iznájar (periodo comprendido entre abril - octubre 2014). La diferencia en profundidad entre fechas se debe a uso de distintas sondas de medida de distintas longitudes.

Iznájar. El testigo fue instalado el día 1 de abril de 2014, siendo la fecha de revisión de las imágenes mostradas el 4 de septiembre de 2014.

En toda la longitud del testigo se observa una diferencia muy acusada de distribución de individuos adultos de mejillón cebra en función de la cota (figura 5).



Figura 3. Visión global de uno de los testigos colocados en la presa de Iznájar.

Para llevar a cabo la cuantificación, se hizo un recuento aproximado considerándose el nivel en el embalse (figura 6):

En la siguiente tabla se muestra el recuento realizado de individuos adultos de mejillón cebra. Este se realizó teniendo en cuenta un metro de longitud en los tramos en los que la densidad de individuos era baja. En aquellos intervalos en los que el número de individuos se incrementó de manera exponencial se optó por cuantificar 1 cm de longitud y extrapolar el resultado a un metro.

El tamaño de los individuos hallados, entre los 0,1-3 mm, concuerda con el corto espacio de tiempo transcurrido desde la colocación de los testigos. Además, se tuvo en cuenta el periodo en el que cada tramo estuvo sumergido en función de la cota. En ese sentido, la revisión se realizó el día 4 de septiembre (cota 411 m.s.n.m.), por lo que la mayoría de los individuos adultos de mejillón cebra en los testigos de control vertical se encontraron muertos por encima de la misma.

Tal y como muestran los datos expuestos en este apartado, el mayor número de individuos se localizan entre las cotas 413 y 397 m.s.n.m. En la figura 7 se muestra como este hecho coincide con la estratificación de temperatura y oxígeno del embalse.

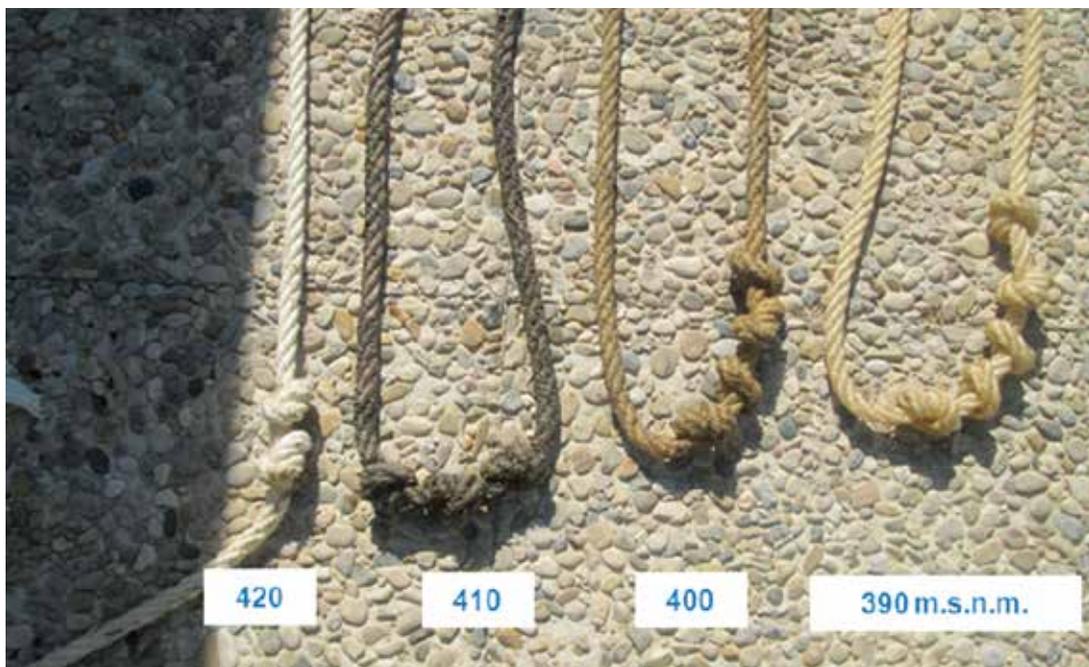


Figura 4. Cotas identificadas por nudos.



Figura 5. Imágenes por cotas del testigo de control de individuos adultos de mejillón cebra y de los individuos adultos encontrados en las mismas.

Estos valores coinciden con las cuantificaciones de larvas realizadas en el mismo periodo de tiempo en el embalse.

CONCLUSIONES

La figura 8 sintetiza toda la información obtenida en lo referente a la distribución de individuos adultos de mejillón cebra en la estación

de control vertical a cota fija y profundidad variable recopilada el día 4 de septiembre, junto con los gradientes de oxígeno y temperatura de esa misma fecha.

En base a los resultados obtenidos, se ha comprobado que la formación de la termoclina afecta de manera directa a las condiciones ambientales del ecosistema y, por lo tanto, a las características ambientales presentes para



Figura 6. Evolución del nivel del embalse en el periodo comprendido entre 01/03/2014 y 4/09/2014 (SAIH Guadalquivir).

el desarrollo del ciclo vital del mejillón cebra (proliferación, crecimiento y reproducción).

Como puede apreciarse, existe una relación directa entre la estratificación del embalse y la distribución de individuos adultos de mejillón cebra, concentrándose la mayor densidad de

los mismos en las cotas situadas en el epilimnion con niveles de oxígeno altos. Por ello, en el periodo de estratificación, el crecimiento y supervivencia del mejillón cebra estará limitado en las aguas hipolimnéticas debido a la ausencia de oxígeno entre otros factores. Por lo tanto, el estudio y caracterización de la termo-

Tabla 3. Recuento de individuos adultos de mejillón cebra realizado el 04/09/2014. *Individuos adultos muertos. ** Individuos adultos la mayoría muertos

Cota (m.s.n.m.)	Cubierto hasta	Recuento: individuos/metro (aprox.)
421		0
420 (subió hasta 420,7)	08-04-2014/15-06-2014	0
418 (cota de partida)	11-03-2014/09-07-2014	0
416	27-07-2014	3*
414	15-08-2014	50*
412	31-08-2014	10 000 (100/cm)**
410	14-09-2014	7000 (> 70/cm)
408	En todo momento	7000 (> 70/cm)
406	En todo momento	10 000 (100/cm)
404	En todo momento	5000 (> 50/cm)
402	En todo momento	6000 (60/cm)
400	En todo momento	3000 (30/cm)
398	En todo momento	3500 (35/cm)
396	En todo momento	500 (5/cm)
394	En todo momento	200 (2/cm)
392	En todo momento	100 (1/cm)
390	En todo momento	0
388	En todo momento	0
386	En todo momento	0
384	En todo momento	0
382	En todo momento	0

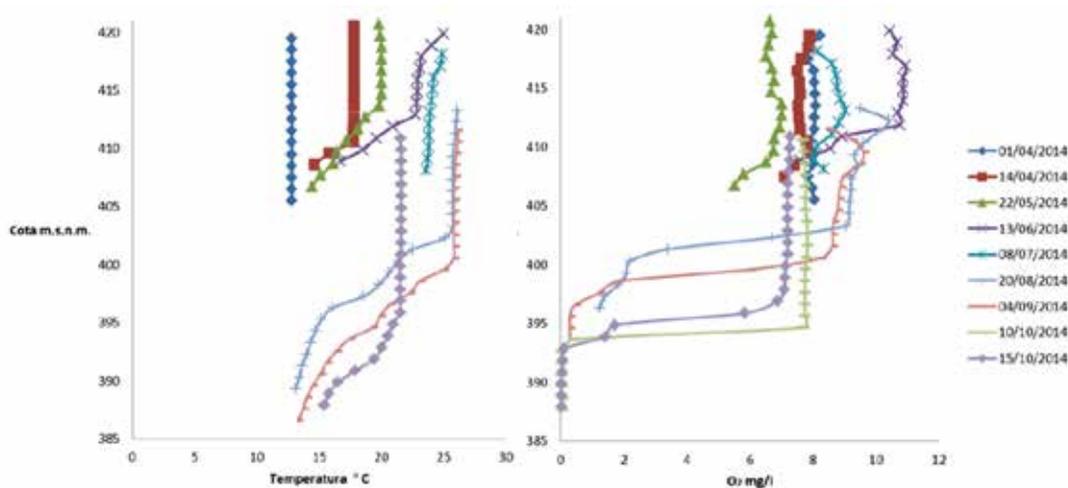


Figura 7. Evolución del gradiente de temperatura y oxígeno en el embalse de Iznájar en función de la cota (periodo comprendido entre abril-octubre 2014). La diferencia en profundidad entre fechas se debe a uso de distintas sondas de medida de distintas longitudes.

clina junto con el conocimiento de los niveles de agua concretos en cada periodo, es fundamental para el seguimiento de la presencia del mejillón cebra y las limitaciones que este va a tener en su expansión en los embalses.

La información obtenida en el estudio realizado permitirá evaluar las posibles estrategias a

seguir en la gestión del embalse para el control del mejillón cebra. En ese sentido, en el periodo estival, con los embalses estratificados, los desembalses supondrán que aquellos ejemplares adultos de mejillón cebra fijados en el periodo de máximo nivel en tarajes, piedras, etc., quedarán sin sumergir, por lo que morirán. En cambio, las larvas generadas seguirán estando

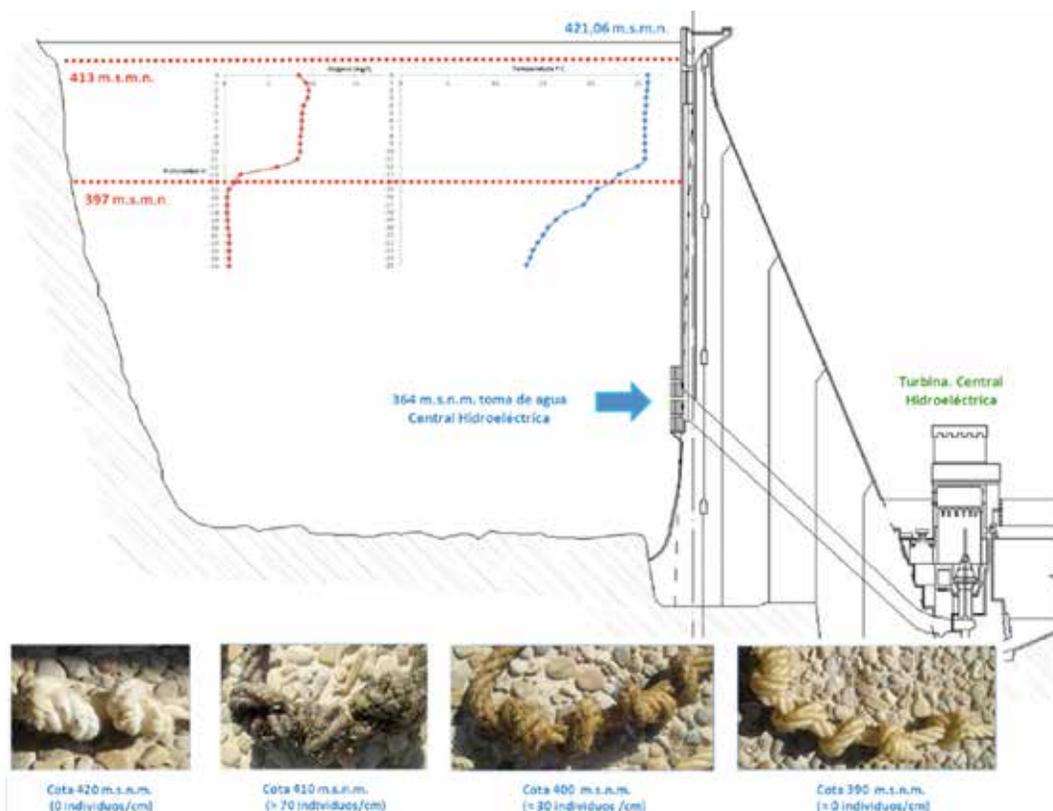


Figura 8. Ilustración de la distribución vertical del mejillón cebra en el embalse de Iznájar en función de la influencia de los gradientes de temperatura y oxígeno.

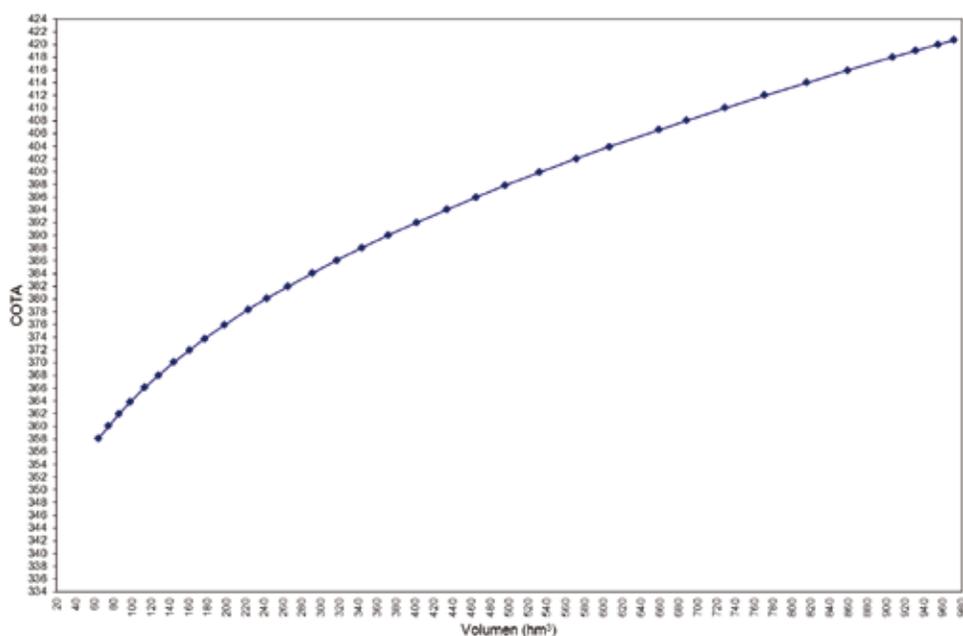


Figura 9. Representación del volumen embalsado frente a la cota en el embalse de Iznájar (SAIH Guadalquivir).

en el epilimnion. Estas podrán fijarse en esa zona y, si el año siguiente se volviese a tener un nivel de embalse máximo similar al del año en curso, estas larvas convertidas en adultos estarían fijadas en la zona anóxica (hipolimnion), por lo que también morirían estando, por tanto, acotada por el epilimnion la zona donde podrán situarse individuos vivos.

En la actualidad en el embalse de Iznájar los desembalses se efectúan por la cota 364 m.s.n.m., correspondientes a la toma de la central (figura 8), por lo que, si estos se realizan en la temporada en la que está formada la termoclina, se estará controlando el paso de las posibles larvas existentes al río Genil y embalses situados aguas abajo. Asimismo, si en algún momento se realizase el desembalse por las compuertas de la presa habría que tener en cuenta que coincidiese con el periodo en el que no existiesen larvas en la masa de agua del embalse con objeto de evitar el paso de larvas aguas abajo en el río Genil y, por tanto, su colonización por el mejillón cebra.

Por último, en este año 2014, si se llevase a cabo como estrategia para el control de esta especie invasora el desembalse hasta la cota 400 m.s.n.m., se estarían eliminando la mayoría de

los adultos fijados lo que equivaldría a desembalsar un 45% o 448 hm³; y, si se pretendiese eliminar en su totalidad los adultos (descenso de la lámina de agua a la cota 390 m.s.n.m.), correspondería al desembalse del 62% o 608 hm³ (figura 9). Todo ello integrado en una política global de desembalses para la optimización de la gestión del recurso. ❀

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del marco del Convenio de colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y la Excm. Diputación Provincial de Córdoba para el desarrollo del "Sistema de alerta, detección precoz y evolución de la especie invasora *Dreissena polymorpha*" (mejillón cebra) en el Bajo Genil, en embalses próximos y en diversas infraestructuras hidráulicas.

REFERENCIAS

- Confederación Hidrográfica del Ebro. El mejillón cebra en la Cuenca del Ebro. Zaragoza, 2007.
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (<https://www.chguadalquivir.es>).
- Margalef, Ramón. Limnografía. Editorial Omega. Madrid, 1984.
- Sistema Automático de Información Hidrológica de la Cuenca del Guadalquivir (<http://www.chguadalquivir.es/saih/>).