

---

## *Estudio de la supervivencia del mejillón cebra en el embalse de Mequinenza*

---



**PROMUEVE:**

**CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO**

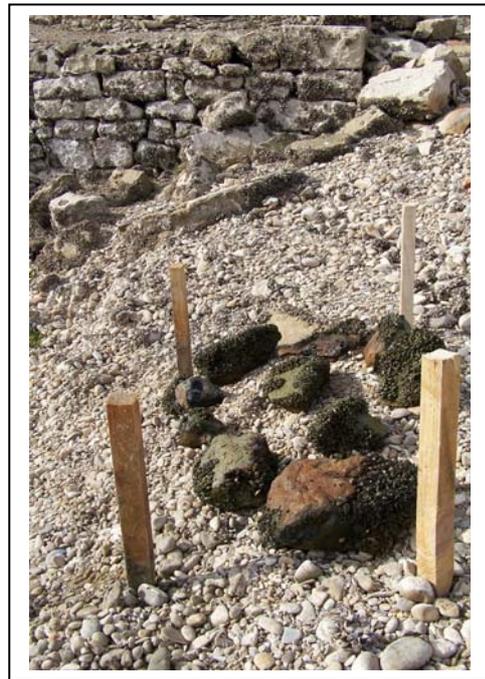
**Servicio proponente:**

**Area de Calidad de Aguas**

**Fecha:**

**Noviembre de 2005**

PROSPECCIONES Y ENSAYOS REALIZADOS EN EL EMBALSE DE MEQUINENZA EN RELACION A LA INVASIÓN DEL MEJILLÓN CEBRA (*DREISSENA POLYMORPHA*)



*Imanol Cia Abaurre*  
*David Fargas Busquets*

Noviembre 2005

## INDICE:

1.- INTRODUCCIÓN .....	3
1.1.- Problemática del mejillón cebra a nivel mundial, europeo y nacional.....	3
1.2.- Antecedentes .....	5
2.- OBJETIVOS .....	5
3.- MATERIAL Y METODOLOGÍA UTILIZADA .....	6
3.1.- Objetivo 1: “Evaluación del estado de las poblaciones de mejillón cebra existentes en el talud del embalse” .....	6
3.2.- Objetivo 2: “Estudio de la resistencia a la desecación de los ejemplares de mejillón cebra en condiciones naturales” .....	8
4.- RESULTADOS .....	9
4.1.- Resultados respecto a la evaluación del estado de las poblaciones de mejillón cebra existentes en el talud del embalse .....	9
4.2.- Resultados respecto al estudio de la resistencia a la desecación de los ejemplares de mejillón cebra en condiciones naturales. ....	9
4.2.1.- Antecedentes .....	9
4.2.2.- Resultados obtenidos en las experimentaciones realizadas.....	10
4.2.3.- Cuadro resumen de las diferentes experiencias.....	13
4.2.4.- Discusión y análisis .....	13
5.- CONCLUSIONES .....	15
6.- RECOMENDACIONES .....	17
7.- BIBLIOGRAFIA.....	19
8.- ANEJOS .....	21

ANEJO NÚM. 1: LISTADO DE FICHAS REFERENTES AL OBJETIVO 1  
ANEJO NÚM. 2: LISTADO DE FICHAS REFERENTES AL OBJETIVO 2

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- Problemática del mejillón cebra a nivel mundial, europeo y nacional

El mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) es, posiblemente, la más espectacular de todas las invasiones, al menos en términos de capacidad de colonización y de repercusiones ecológicas y sociales directas e inmediatas. Su rápida dispersión ha sido y es un ejemplo clásico (Margalef, 1977). Se trata de una especie de molusco bivalvo de la familia de los dreisénidos, que pertenecen a la subclase de los lamelibranquios.

En Europa occidental está presente desde hace ya muchos años, siendo Inglaterra y Holanda los países en los que se conoce su presencia desde hace más tiempo, en concreto desde principios del siglo XIX. Fue en este siglo, cuando el mejillón cebra invadió los ríos noreuropeos que vertían sus aguas en el Mar Negro (Karanaukhov y Karanaukhov, 1993). Los inicios de su expansión desde su área biogeográfica de origen, se remontan al siglo XVIII, con referencias de cascos de embarcaciones cubiertos de mejillón cebra desde 1760 (Kinzelbach, 1992).

En cuanto a la introducción y dispersión en América del Norte, decir que según la bibliografía consultada, el primer ejemplar de mejillón cebra norteamericano fue visto el 1 de junio 1988 cerca del río Belle en el lago St. Clair (Hebert *et al.*, 1989). La mayoría de los científicos está de acuerdo que el mejillón probablemente se introdujo en 1985 o 1986 en agua de lastre transportado por algún barco transoceánico europeo. Ludyanskiy (1993), basado en una comparación de la morfología de la cáscara, sugirió que el mejillón cebra fue transportado a los Grandes Lagos desde el Mar Negro desde la región del Mar Caspio.

La dispersión del mejillón cebra en EEUU ha sido mucho más rápida que en Europa. Frente a los casi 200 años tardados en Europa, en sólo 6 años, ha ocupado prácticamente toda la mitad oriental de Estados Unidos y el sur de Canadá.

En cuanto a su aparición y distribución de la especie en España, decir que fue citada por primera vez en el tramo inferior del río Ebro, como especie invasora y bajo densidades significativas, en el verano del 2001 (Ruíz Altaba *et al.*, 2001). Hasta esa fecha, la península había permanecido ajena a la presión expansiva que la especie había tenido y tenía en el resto de Europa, si bien en 1982 se encontraron algunos ejemplares en el río Llobregat, cerca de Balsareny, que fueron eliminados gracias a las crecidas de noviembre de ese mismo año. Existe también una cita no confirmada en el tramo final del río Duero, en Portugal (Azpeitia, 1993).

Tras su detección, se realizaron los primeros estudios de colonización de *Dreissena* con relación a los bivalvos autóctonos y se llevó a cabo una primera caracterización de la presencia y distribución de la especie entre los términos Municipales de Flix y Tortosa. Esta primera aproximación, fue llevada a cabo dentro de un proyecto encargado al Grup de Natura Freixe, subvencionado por el Ministerio de Medio Ambiente.

Hacia finales de 2001 aparecían las primeras obstrucciones de balsas y sistemas de

captación en diferentes áreas de la ribera del río, como en el Riego de Benissanet. En el embalse de Riba-roja se constató su presencia en las rejillas de toma de la central hidroeléctrica, en verano de 2001, pero fue unos meses más tarde (abril de 2002) cuando se detectaron concentraciones realmente espectaculares de más de 200.000 indiv./m<sup>2</sup> en las rejillas, y presencia en varios puntos del circuito de aguas de refrigeración tanto de la CH de Riba-roja como de la CH de Flix.

Hasta la primavera del año 2004, el foco principal y límite superior en cuanto a la extensión aguas arriba de la especie en el río Ebro, era el embalse de Riba-roja. Se tenía la esperanza de que la presa de Mequinenza, fuera un freno importante en la expansión de la especie y que la superación de dicha barrera, aunque sumamente probable, se produjera en un horizonte lo más lejano posible. Es a comienzos del verano del 2004, cuando Agentes de Protección de la Naturaleza del Gobierno de Aragón, atestiguan la colonización de varios testigos colocados en diversos puntos del embalse de Mequinenza, por parte de ejemplares adultos de mejillón cebra. Inmediatamente se formó un gabinete de crisis en el que estaban representados los diversos estamentos afectados por la aparición de la especie. En esta reunión se toma la decisión de realizar muestreos tendientes a determinar la extensión de la plaga. En los muestreos realizados, se constata que la extensión de la plaga era realmente importante. De esta manera, una de las actuaciones inicialmente planteadas para la erradicación de la plaga (retirada manual), en el caso de que la especie estuviera poco extendida, quedó totalmente descartada, aunque sí se hicieron diferentes pruebas, en un meritorio esfuerzo por estudiar el problema.

La distribución del mejillón cebra en la península ibérica parece que desgraciadamente seguirá un patrón similar al ofrecido en otros países europeos a tenor de las últimas noticias. El 7 de octubre del presente año, la Confederación Hidrográfica del Júcar anunció la detección de la primera colonia de mejillón cebra en el embalse de Sitjar en el Término Municipal de Onda, situado en la Comunidad Autónoma Valenciana. Este hecho, en una primera valoración parece aún más grave que la aparición de la especie en el embalse de Mequinenza, puesto que se certifica la contaminación biológica de 2 cuencas hidrográficas diferentes: la Cuenca Hidrográfica del Ebro y la Cuenca Hidrográfica del Júcar, puesto que este último embalse infestado, pertenece a la segunda cuenca hidrográfica mencionada.

En la actualidad, a fecha de presentación del presente documento, no se tiene constancia de la colonización de otros embalses o masas de agua por parte del mejillón cebra. No obstante, a buen seguro, no transcurrirán muchos años en que el confinamiento de la especie a los embalses de Mequinenza, Riba-roja, Flix y Sitjar, deje ser una realidad. El constante trasiego de embarcaciones entre las diferentes masas de agua, las translocaciones de especies de peces realizadas de forma fraudulenta, la pesca desde embarcación, además de otros posibles medios de propagación de la especie, tendrá como escenario final la distribución de la especie por nuevas masas de agua.

## 1.2.- Antecedentes

Teniendo en cuenta el escenario descrito en los puntos anteriores y las repercusiones ecológicas y socioeconómicas asociadas a la aparición de la especie contrastables en la abundante bibliografía existente al respecto, la Confederación Hidrográfica del Ebro (C.H.E) ha llevado a cabo una serie de actuaciones encaminadas a un conocimiento lo más global y amplia posible de la problemática surgida en torno a la aparición de la especie. A continuación se señalan las líneas de actuación más importantes:

- ⊗ Realización de campañas de muestreo de la densidad de larvas velíferas de mejillón cebra existentes en diferentes puntos del río Ebro.
- ⊗ Cálculo del rendimiento ofrecido por los métodos de recogida manual y mecánica de colonias de mejillón cebra situados sobre diferentes sustratos. Estos ensayos fueron realizados en colaboración con el Regimiento de Pontoneros (RPEI) del cuartel de Sangeñís de Monzalbarba (Zaragoza).
- ⊗ Colocación de carteles de información y sensibilización de la población, siendo los primeros destinatarios del mensaje los pescadores de la zona.

Al hilo de lo expuesto, el presente estudio pasa a engrosar el listado de las actuaciones señaladas en el punto anterior, pudiendo encontrarse en él los resultados de las prospecciones y ensayos realizados en el embalse de Mequinenza en relación a la invasión del mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*).

## 2.- OBJETIVOS

En el último verano y hasta fechas recientes, el embalse de Mequinenza se encontraba a una cota de explotación muy inferior en comparación con la cota mostrada por dicho embalse en fechas homólogas de años anteriores. El causante de esta situación es la sequía generalizada que ha sufrido y aun está padeciendo el país y cuyas consecuencias son palpables en muchos aspectos, siendo la cota de los embalses y pantanos una de las más notorias. Uno de los aspectos favorables derivados de esta situación es la repercusión negativa que a buen seguro ha tenido en las poblaciones de mejillón cebra existentes en los taludes del embalse de Mequinenza.

Los objetivos perseguidos en el presente estudio, teniendo como escenario único de trabajo el embalse de Mequinenza, han sido los que a continuación se exponen:

1. Evaluar el estado de las poblaciones de mejillón cebra existentes en el talud del embalse expuestos a la desecación como consecuencia del progresivo descenso del nivel de las aguas.
2. Estudiar la resistencia a la desecación de los ejemplares de mejillón cebra en condiciones naturales.

### 3.- MATERIAL Y METODOLOGÍA UTILIZADA

En este punto, se procederá a determinar el método y el procedimiento empleado para la realización de los muestreos necesarios para lograr los objetivos anteriormente descritos. En primer lugar, se procederá a detallar los trabajos realizados para la consecución del primer objetivo: “evaluación del estado de las poblaciones de mejillón cebra existentes en el talud del embalse”.

En una segunda parte, se comentarán los trabajos realizados y el modo en que éstos han sido llevados a cabo para la consecución del segundo objetivo: “estudio de la resistencia a la desecación de los ejemplares de mejillón cebra en condiciones naturales”.

#### 3.1.- Objetivo 1: “Evaluación del estado de las poblaciones de mejillón cebra existentes en el talud del embalse”

En primer lugar, fueron inspeccionados ambos márgenes del embalse de Mequinenza. El objetivo de esta actuación era doble; por una parte se determinaba la envergadura de la extensión de la plaga y por otro lado, se determinaban ubicaciones o emplazamientos que mostrasen diferentes densidades de mejillón cebra. Una vez procesada esta información, el siguiente paso consistía en la determinación de los lugares de muestreo. Para ello, dentro de la amplitud del escenario mostrado por la extensión de la especie, se seleccionaron diferentes zonas de muestreo surgidas por la combinación de las siguientes variables:

- ⊗ Tipo de sustrato
- ⊗ Granulometría
- ⊗ Pendiente
- ⊗ Orientación
- ⊗ Tiempo de exposición a la desecación

En cuanto a la clasificación granulométrica realizada, se ha usado la propuesta por García de Jalón *et al.*, (1993), siendo esta la que a continuación se especifica:

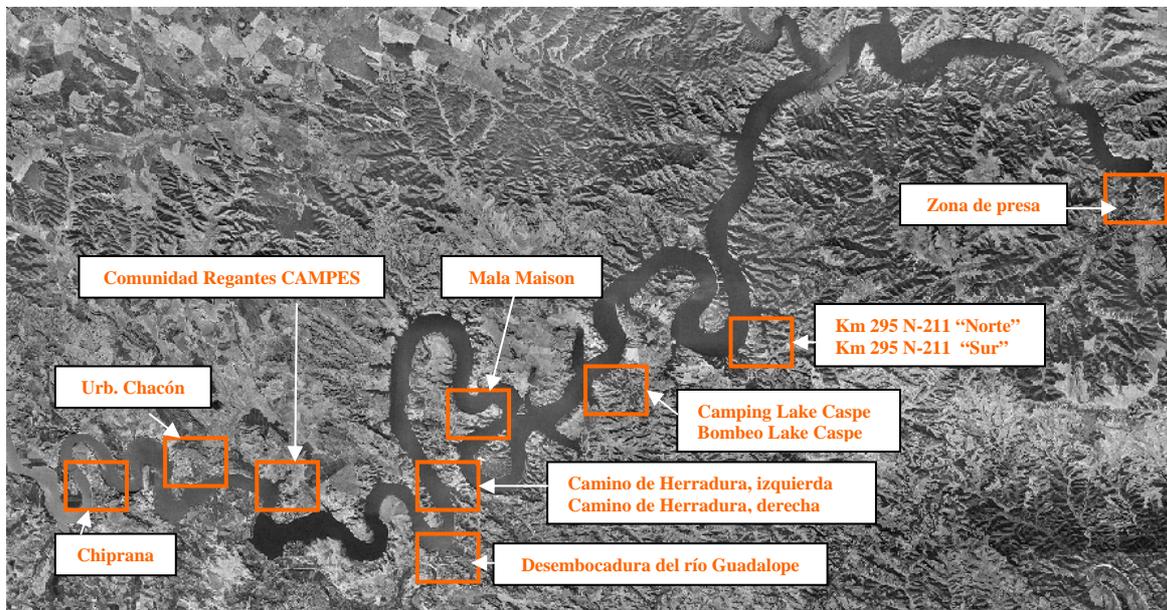
**Tabla 1.** Clasificación granulométrica propuesto por García de Jalón *et al.*, (1993)

CLASE	NOMBRE	DIMENSIONES
1	Materia orgánica	-
2	Arcilla/limo	< 0,062 mm
3	Arena	0,062 - 2 mm
4	Grava	2 mm -2 cm
5	Guijarros	2 – 10 cm
6	Piedra	10 – 25 cm
7	Bloque pequeño	25 – 40 cm
8	Bloque grande	> 40 cm
9	Losa	-

Todas estas variables tienen una influencia directa en la conservación de la humedad por parte de las colonias de mejillón cebra, redundando por tanto en la resistencia a la desecación.

Fueron seleccionadas 35 parcelas de muestreo las cuales fueron distribuidas en 12 ubicaciones diferentes (Figura 1). A continuación se indican dichas ubicaciones seleccionadas y el número de parcelas de muestreo realizadas en cada caso:

1. Camping Lake Caspe. Nº de parcelas de muestreo: 4
2. Desembocadura del río Guadalupe. Nº de parcelas de muestreo: 3
3. Km 295 N-211 “Sur”. Nº de parcelas de muestreo: 3
4. Presa de Mequinenza. Nº de parcelas de muestreo: 3
5. Chiprana. Nº de parcelas de muestreo: 2
6. Comunidad de regantes CAMPES. Nº de parcelas de muestreo: 4
7. Urbanización de Chacón. Nº de parcelas de muestreo: 2
8. Camino de herradura, izquierda. Nº de parcelas de muestreo: 3
9. Bombeo Lake-Caspe. Nº de parcelas de muestreo: 2
10. Camino de herradura, derecha. Nº de parcelas de muestreo: 3
11. Mala Maison. Nº de parcelas de muestreo: 3
12. Km 295. N-211 “Norte”: 3



**Figura 1.** Distribución de las zonas de muestreo.

Una vez determinadas las parcelas de muestreo, el siguiente paso consistió en la realización del muestreo propiamente dicho. Para ello en primer lugar se determinó una superficie de muestreo mediante estacas de madera en los lugares en que éstos eran fácilmente insertables en el suelo o mediante la medición de la superficie estipulada en aquellas zonas en las que se trataba de una superficie vertical. La superficie de muestreo fue de 50 x 50 cm para todos los casos. Los mejillones situados en el interior de la superficie acotada eran recogidos en algunos casos mediante el raspado de la superficie utilizando una espátula y, en otros, mediante el desprendimiento manual. Estos ejemplares eran introducidos en un recipiente y transportados en el plazo más corto posible al laboratorio para su posterior tratamiento. En algunos casos se comprobaba toda la muestra y en otros, una submuestra, en los que se analizaba la respuesta del mejillón cebra ante estímulos externos. La nula respuesta del individuo ante repetidos estímulos externos atestiguaba la muerte del individuo.

### **3.2.- Objetivo 2: “Estudio de la resistencia a la desecación de los ejemplares de mejillón cebra en condiciones naturales”**

La metodología que inicialmente se pensaba aplicar y de hecho se puso en práctica, tuvo que variarse en los días posteriores como consecuencia de los cambios en las condiciones experimentales. La metodología que originariamente fue aplicada es la que a continuación se detalla. En primer lugar, al igual que se realizó para la consecución del primer objetivo, fue la determinación de los lugares de muestreo o experimentación. Dichos lugares fueron seleccionados en base a la combinación de las variables comentadas en el punto anterior: tipo de sustrato, granulometría, pendiente y orientación. La última variable que sí se tuvo en cuenta en el primer objetivo (tiempo de exposición a la desecación), no fue tenido en cuenta puesto que se trataba de calcular la resistencia de los individuos de mejillón cebra a la desecación y para ello se pretendía hacer un seguimiento de aquellas colonias seleccionadas de las cuales se conocía el momento exacto en que habían quedado fuera del agua como consecuencia del descenso del nivel de las aguas.

Esta metodología contemplaba la determinación de parcelas que estuvieran aun por debajo del nivel de las aguas del embalse pero que de forma natural, como consecuencia del descenso progresivo, quedaran al descubierto en un plazo de tiempo lo más corto posible. De esta manera, las poblaciones expuestas y objeto de análisis no habrían sido alteradas en lo más mínimo. El cambio de las condiciones meteorológicas y con ello la llegada de las primeras lluvias, originó una entrada de agua importante al embalse de Mequinenza. Este hecho obligó a realizar cambios en la metodología puesto que la bajada esperada de nivel y con ello la exposición de colonias de mejillón cebra a la desecación, no se iba a producir. Ante esta situación, se tomó la decisión de extraer una serie de piedras o sustratos que albergaran abundantes colonias de mejillón cebra y que aún permanecían bajo el nivel de las aguas y colocarlas en el talud del embalse, respetando siempre las condiciones primigenias tanto de posición y orientación. Las piedras eran trasladadas y colocadas de tal manera que reprodujeran el estado original dentro del embalse.

Se eligieron 6 ubicaciones en las cuales fueron fijadas sendas parcelas de experimentación, siendo éstas las que a continuación se determinan:

1. Camping Lake Caspe (O2P1)<sup>1</sup>
2. Km 295 de la N-211 “Sur” (O2P2)
3. Presa de Mequinenza (O2P3)
4. Camping Lake Caspe II (O2P4)
5. Mala Maison (O2P5)
6. Km 295 de la N-211 “Norte” (O2P6)

---

<sup>1</sup> La referencia utilizada corresponde a la concatenación del número de Objetivo (en este caso “2”) y del número de la Parcela de estudio (desde 1 hasta 6).

## 4.- RESULTADOS

Al igual que se ha hecho en el punto anterior, a continuación se mostrarán los resultados obtenidos de forma individualizada para cada uno de los objetivos fijados al comienzo del presente trabajo.

### **4.1.- Resultados respecto a la evaluación del estado de las poblaciones de mejillón cebra existentes en el talud del embalse**

Los resultados obtenidos distaban en cierta manera de los que en un principio se consideraban esperables. No había duda de que aquellas colonias situadas en la parte alta del talud del embalse, arrojarían mortalidades del 100 %. No obstante, conforme las parcelas de muestreo eran realizadas en cotas más bajas, era esperable que cierto porcentaje de las colonias estuvieran muertas mientras que el resto de las mismas aún estuvieran con vida. Era esperable que en las parcelas de muestreo ubicadas cerca de la cota de embalse, mostraran porcentajes elevados de individuos de mejillón cebra que aun conservaran vida. Era lógico pensar que ésta sería la tendencia que mostrarán dichas colonias puesto que eran las que menor tiempo llevaban expuestas a la desecación. No obstante, el tratamiento de las muestras en laboratorio dio como resultado que el 100 % de los individuos de mejillón cebra estaban muertos para cualquier posición de muestreo dentro de la totalidad del talud.

Posteriormente se dedujo porqué la tendencia esperable en un principio era diferente a la realmente mostrada; el nivel de las aguas del embalse de Mequinenza había ido descendiendo de manera gradual en las últimas semanas, descenso que se había visto suavizado en los últimos días. Dicho de otra manera, toda la población de mejillón cebra que en el momento de la realización de los muestreos estaba expuesta a la desecación, llevaba el tiempo de exposición suficiente como para que el porcentaje de mortalidad en todas las ubicaciones del talud del embalse, fuera del 100 %.

### **4.2.- Resultados respecto al estudio de la resistencia a la desecación de los ejemplares de mejillón cebra en condiciones naturales.**

#### **4.2.1.- Antecedentes**

Existen diferentes experiencias del cálculo de la resistencia a la desecación de ejemplares de mejillón cebra. Entre ellas cabe destacar las experiencias realizadas por McMahon *et al.*, (1992), bajo condiciones experimentales restringidas (laboratorio). Otras investigaciones destacables son las realizadas por Paukstis *et al.*, (1996). Dichas investigaciones mostraron que la exposición y muerte del mejillón cebra a condiciones de congelación, es cuestión de horas. Paukstis *et al.*, (1996) documentó una proporción de mortalidad 88%, para las poblaciones de mejillones que eran expuestos a temperaturas de congelación de 2,0 °C. Esta tasa de mortalidad se alcanzaba en el transcurso de 2,25 horas. Payne (1992) informó que el tiempo requerido para obtener una tasa de mortalidad del 100% (LT100) para poblaciones de mejillón cebra era de 0,5 horas cuando la temperatura de exposición era de -10,0 °C. Este tiempo, se elevaba

hasta las 48 horas cuando la temperatura era de 0,0 °C. Las pruebas fueron realizadas en laboratorio y para ejemplares sueltos (no agregados). Para los agregados, los tiempos son superiores con relación a los comentados para los individuos sueltos. De esta manera, los tiempos van desde las 2 horas para la temperatura de exposición de -10,0 °C, hasta las 48 horas para la temperatura de 0,0 °C.

Con relación a los datos comentados, se propuso descensos del nivel del agua en los meses de invierno con el objeto de someter a las poblaciones de mejillón cebra a los rigores invernales. De esta manera, se pretende conseguir el control de la extensión de las poblaciones (Payne, 1992; Clarke *et al*, 1993; Heath, 1993; Paukstis *et al*, 1999).

La única experimentación suficientemente documentada llevada a cabo bajo condiciones naturales son las experiencias realizadas en el Lago Zumbro en el sudoeste del estado Minnesota y Lago de Edinboro noroeste del estado de Pennsylvania, ambos en territorio americano (Grazio y Montz, 2002).

No obstante, conviene tener en cuenta que los resultados obtenidos en estas experiencias no pueden ser aplicables en el caso que nos atañe puesto que dichas experiencias fueron realizadas en los meses invernales, hecho por el cual es fácil concluir que las condiciones ambientales reinantes en dichas experiencias eran muy diferentes a las que han sido sometidas las poblaciones de mejillón cebra del embalse de Mequinenza.

#### **4.2.2.- Resultados obtenidos en las experimentaciones realizadas**

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que la orientación de la ladera o el lugar en el que se encuentran expuestas las poblaciones de mejillón cebra, juega un papel relevante en cuanto a la resistencia de los individuos a la desecación.

A continuación se exponen las gráficas ilustrativas de la resistencia a la desecación obtenida en las diferentes experiencias llevadas a cabo. Se muestran las gráficas individualizadas para cada una de las mismas, en las que aparece el número de observaciones realizadas (entre 4 y 5 observaciones), mostrándose el porcentaje de mortalidad de la población para el tiempo de exposición (en horas).

Un concepto utilizado en este estudio ha sido el de la temperatura acumulada expresada en valor absoluto de °C. Este valor se obtiene mediante el sumatorio del valor de las temperaturas de todas y cada una de las horas a las que las poblaciones han sido sometidas, con objeto de provocar la muerte de los individuos por deshidratación. La necesidad de hacer uso de este parámetro viene impuesto por el hecho de que las condiciones experimentales no son controladas y por tanto la temperatura de exposición no es constante. Es por esta razón que no se considera ortodoxo y válido proporcionar valores de resistencia a la desecación para una determinada temperatura, expresado en unidades de tiempo, tal y como sería válidos para condiciones experimentales.

CAMPING LAKE CASPE (O2P1)

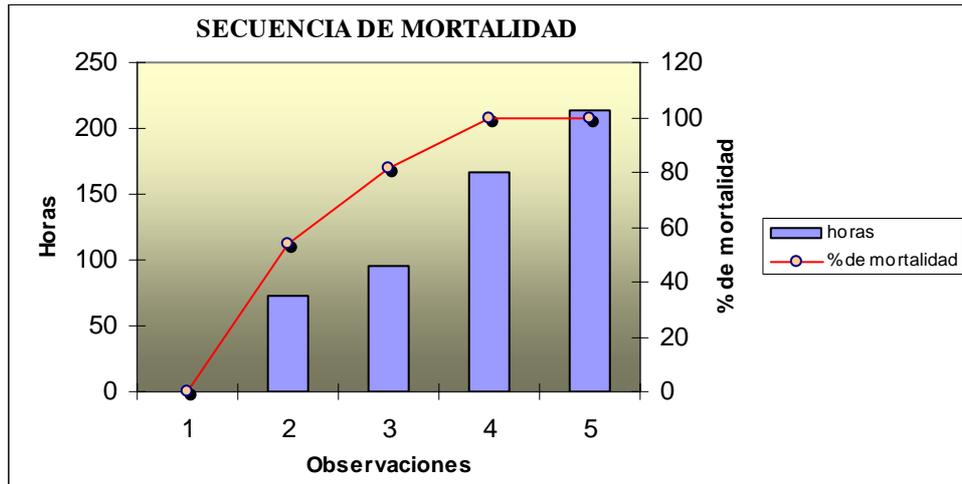


Figura 2. Secuencia de mortalidad de la especie *Dreissena polymorpha* (mejillón cebra) sometida a una temperatura acumulada de 3277 °C.

KM 295 DE LA N-211 "SUR" (O2P2)

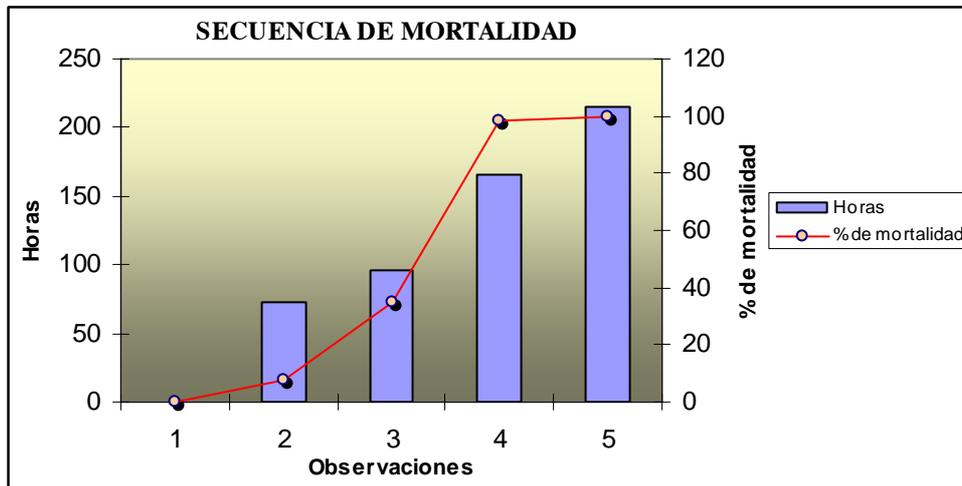


Figura 3. Secuencia de mortalidad de la especie *Dreissena polymorpha* (mejillón cebra) sometido a una temperatura acumulada de 3277 °C.

PRESA DE MEQUINENZA (O2P3)

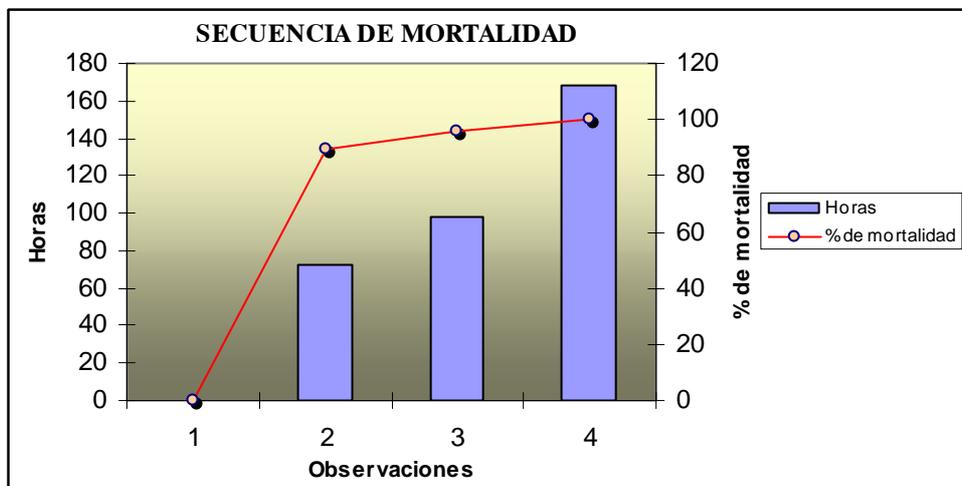


Figura 4. Secuencia de mortalidad de la especie *Dreissena polymorpha* (mejillón cebra) sometido a una temperatura acumulada de 2507 °C.

BOMBEO LAKE CASPE (O2P4)

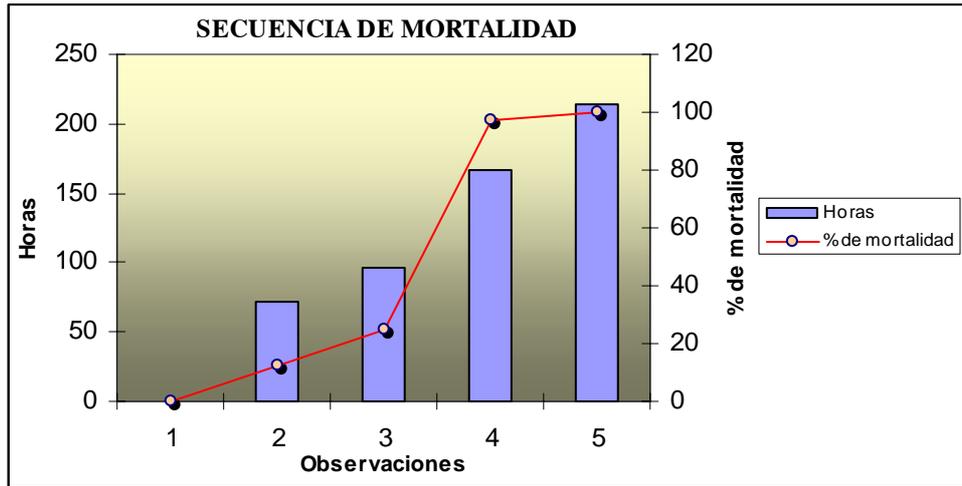


Figura 5. Secuencia de mortalidad de la especie *Dreissena polymorpha* (mejillón cebra) sometido a una temperatura acumulada de 3376 °C.

MALA MAISON (O2P5)

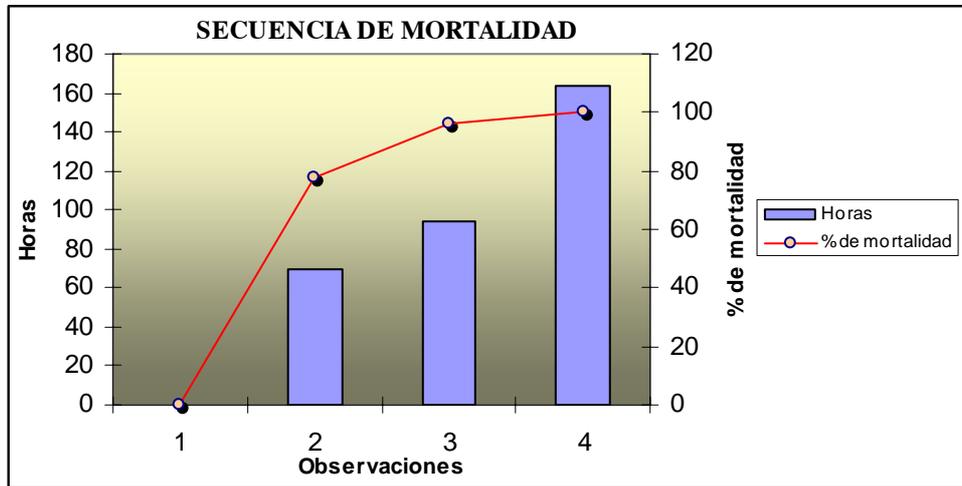


Figura 6. Secuencia de mortalidad de la especie *Dreissena polymorpha* (mejillón cebra) sometido a una temperatura acumulada de 2572 °C.

KM 295 N-211 "NORTE" (O2P6)

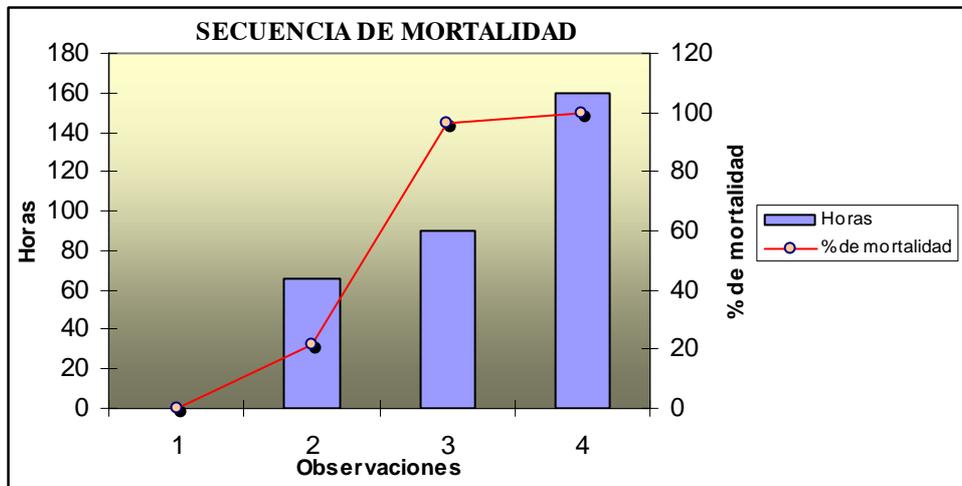


Figura 7. Secuencia de mortalidad de la especie *Dreissena polymorpha* (mejillón cebra) sometido a una temperatura acumulada de 2502 °C.

#### 4.2.3.- Cuadro resumen de las diferentes experiencias

A continuación se refleja un cuadro resumen donde se detallan para cada parcela de experimentación los tiempos de espera, los porcentajes de mortalidad y la temperatura acumulada en °C.

**Tabla 2.** Datos correspondientes a las experiencias realizadas en relación a la resistencia a la desecación de ejemplares adultos de *Dreissena polymorpha* (mejillón cebra), sometidos a condiciones ambientales naturales

<b>O2P1</b> <b>Camping Lake Caspe</b>	T <sub>ESPERA</sub> (horas)	0	72	96	166	<b>214</b>
	MORTALIDAD (%)	0	54,00	81,80	99,80	<b>100</b>
	Temp. acumulada ° C	0	1057	1470	2536	<b>3277</b>
<b>O2P2</b> <b>Km 295. N-211 “Sur”</b>	T <sub>ESPERA</sub> (horas)	0	72	96	165	<b>215</b>
	MORTALIDAD (%)	0	7,60	35	98,60	<b>100</b>
	Temp. acumulada ° C	0	1057	1470	2536	<b>3277</b>
<b>O2P3</b> <b>Presa de Mequinenza</b>	T <sub>ESPERA</sub> (horas)	0	72	98	<b>168</b>	
	MORTALIDAD (%)	0	89,50	95,60	<b>100</b>	
	Temp. acumulada ° C	0	998	1411	<b>2507</b>	
<b>O2P4</b> <b>Bombeo Lake Caspe</b>	T <sub>ESPERA</sub> (horas)	0	72	96	166	<b>214</b>
	MORTALIDAD (%)	0	12,30	24,50	96,90	<b>100</b>
	Temp. acumulada ° C	0	1140	1533	2634	<b>3376</b>
<b>O2P5</b> <b>Mala Maison</b>	T <sub>ESPERA</sub> (horas)	0	70	94	<b>164</b>	
	MORTALIDAD (%)	0	78,00	96,30	<b>100</b>	
	Temp. acumulada ° C	0	1099	1491	<b>2572</b>	
<b>O2P6</b> <b>Km 295. N-211 “Norte”</b>	T <sub>ESPERA</sub> (horas)	0	66	90	<b>160</b>	
	MORTALIDAD (%)	0	21,70	96,30	<b>100</b>	
	Temp. acumulada ° C	0	1017	1411	<b>2502</b>	

#### 4.2.4.- Discusión y análisis

En cuanto al primer objetivo “Evaluación del estado de las poblaciones de mejillón cebra existentes en el talud del embalse”, no se estima necesario la realización de ninguna discusión o análisis diferente a la ya realizada en el apartado de resultados anteriormente expuestos.

En relación al segundo objetivo “Estudio de la resistencia a la desecación de los ejemplares de mejillón cebra en condiciones naturales”, decir que dicha resistencia, está muy relacionada con la exposición de la ladera en que se encuentran las colonias de mejillón cebra.

La primera parcela en mostrar una mortalidad del 100 % fue la identificada como O2P3. A las pocas horas de exposición mostraba un elevado porcentaje de mortalidad, siendo necesaria una temperatura acumulada de 2507 °C. Las siguientes parcelas en orden creciente, son las identificadas como O2P5 y O2P6.

Un hecho curioso en estas parcelas es el relacionado con la diferencia en cuanto al porcentaje de mortalidad se refiere a las 72 horas de espera. En la primera parcela (O2P5), dicho porcentaje es de 78,00 % mientras que para la segunda parcela, dicho porcentaje se reduce hasta un valor de 21,70 %. No obstante, a las 96 horas de exposición los porcentajes de mortalidad para ambas parcelas se igualan, mostrando

un valor del 96,30 %. La temperatura acumulada necesaria para alcanzar una mortalidad de la población del 100 % es de 2502 y de 2572 °C respectivamente.

A continuación, siguiendo con la misma tendencia creciente, se encuentran las parcelas O2P1 y O2P2, en donde al igual que en el caso anterior, el porcentaje de mortalidad mostrado a las 72 horas es muy diferente, igualándose a las 165 horas de espera. La temperatura acumulada para la consecución del 100 % de mortalidad es de 3277 °C. En cuanto a la población de mejillón cebra que mostró una mayor resistencia es la ubicada en la parcela de experimentación identificada como O2P4, con un tiempo de espera de 215 horas y una temperatura acumulada de 3376 °C.

En conclusión, tal y como se puede apreciar, las orientaciones ordenadas de forma creciente en cuanto a la resistencia a la desecación se refiere es la siguiente: Sur, Oeste, Noreste y Norte.

En términos relativos y haciendo referencia a la temperatura acumulada expresada en °C, y para estas condiciones de experimentación, la exposición Oeste presenta un incremento del 3 %, respecto a la menos resistente (Sur). En cuanto a la exposición Noreste, este incremento se eleva hasta el 31 %, siendo este porcentaje de 35 % en cuanto a la exposición Norte se refiere. Como valor orientativo, si se divide la temperatura total acumulada entre el tiempo total de exposición o el tiempo total de espera, se obtiene un valor medio de temperatura. Este valor para todos los casos oscila en el intervalo comprendido entre 14,06 °C, correspondiente al O2P4 y el 15,63 °C, relativo al O2P6.

Por otra parte los datos obtenidos, están en consonancia con las experiencias realizadas en condiciones de laboratorio (Cia y Palau, 2004). En ellas se sometieron muestras de mejillón cebra de diferentes tamaños a diferentes temperaturas y humedad relativa. Los resultados obtenidos arrojaron tiempos de resistencia del mejillón cebra de 528 horas para una temperatura de exposición de 7 °C y una humedad de 55 %. Este tiempo se veía reducido a 100 horas, cuando las muestras eran sometidas a una temperatura de exposición de 20 °C y una humedad relativa del 55 %.

Si se calculan las temperaturas acumuladas en estos experimentos, se obtienen valores de 3696 °C y de 2000 °C, respectivamente. En este caso, el valor medio de la temperatura acumulada para las 6 parcelas de experimentación es de 2918 °C, se observa como este valor está en lo razonablemente esperable. Este hecho aun siendo solo una quimera, pueda asentar las bases para futuras investigaciones tendentes a obtener expresiones matemáticas que correlacionen temperaturas de exposición con temperaturas acumuladas necesarias para lograr la muerte de las poblaciones de mejillón cebra.

## 5.- CONCLUSIONES

Como conclusiones al presente trabajo, decir que desde el punto de vista formal se han cumplido satisfactoriamente los objetivos establecidos en el punto 2.

Desde el punto de vista científico, a continuación se detallan las conclusiones obtenidas en el presente trabajo de investigación:

1. Las poblaciones de mejillón cebra existentes en el embalse de Mequinenza, han sufrido una gran merma como consecuencia del descenso de la cota del embalse de Mequinenza. La totalidad de la población de mejillón cebra que ha quedado expuesta muestran una mortalidad del 100 % en todas las laderas, para todas las orientaciones y para todos los sustratos. No obstante, no se especifica el porcentaje de la población que ha sucumbido a los efectos del descenso del nivel de las aguas respecto al total de la población de mejillón cebra existente en el embalse de Mequinenza.
2. Se ha obtenido la resistencia a la desecación de poblaciones de mejillón cebra expuestas a condiciones naturales, siendo las principales conclusiones las que a continuación se especifican:
  - a. Los tiempos de espera o tiempos de exposición y los porcentajes de mortalidad mostrados por la población de mejillón cebra están muy influenciados por la orientación.
  - b. Los tiempos de espera o tiempos de exposición oscilan desde 164 horas (casi 7 días) hasta las 215 horas (10 días), siempre referenciados a las condiciones de experimentación que han rodeado las experiencias realizadas.
  - c. Las temperaturas acumuladas al igual que en el caso del tiempo de espera o tiempo de exposición, muestran un abanico ciertamente considerable, siendo el valor inferior de 2502 °C, para la parcela O2P6 y un valor máximo de 3376 °C para la parcela de experimentación identificada como O2P4.
  - d. El valor obtenido del cociente entre el valor de la temperatura acumulada y el tiempo de espera o tiempo de exposición es de 15,14 °C, como valor medio para el total de las parcelas de experimentación.
  - e. Las orientaciones ordenadas de forma creciente en cuanto a la resistencia a la desecación se refiere es la siguiente: Sur, Oeste, Noreste y Norte.
  - f. Los incrementos porcentuales en cuanto al tiempo de exposición se refiere usando como punto de referencia la exposición Sur, son de un 3 % para la exposición Oeste. Este incremento se eleva hasta el 31 %, en

cuanto a la exposición Noreste se refiere y hasta un 35 % en caso de la exposición Norte (la más resistente).

3. La distribución de la especie en el embalse de Mequinenza es muy superior tanto en extensión como en densidad de lo que al inicio del estudio era esperable. De hecho, se ha constatado que dicha extensión en relación a la totalidad del embalse de Mequinenza es tristemente una realidad, habiendo sido encontrados ejemplares sueltos de mejillón cebra en las cercanías de la urbanización de Chacón, prácticamente a cola del embalse.
4. El mejillón cebra coloniza todo tipo de sustratos tanto artificiales tales como latas de conservas, bidones, neumáticos, rejillas, etc., como naturales, siempre y cuando estos proporcionen un medio de sujeción firme. No se han observado individuos adheridos a sustratos finos (limos o arcillas).
5. Una de las afecciones medioambientales fácilmente observables ha sido la invasión de bivalvos autóctonos por parte del mejillón cebra en densidades variables pero siempre preocupantes.

Por otra parte aunque se trate de observaciones más que de conclusiones, se ha considerado oportuno comentar los siguientes aspectos:

1. El proceso de pudrición de los individuos de mejillón cebra origina un hedor muy desagradable hecho por el cual ante una eventual bajada del nivel del embalse como medida de control de la población, originaría un ambiente muy desagradable en las inmediaciones del lugar de actuación. En este caso y según bibliografía, podría ser aconsejable la realización del rociado de los taludes del embalse con una disolución de hipoclorito sódico, mediante el uso de medios aéreos como medida tendente a disminuir dicho hedor.
2. Siguiendo con el proceso de pudrición de las poblaciones de mejillón cebra, decir que en él se ven involucrados organismos de diferente índole tales como dípteros, coleópteros, etc. Este hecho ha podido verse en las experiencias realizadas y ha sido convenientemente demostrado tal y como se puede ver en las fotografías existentes en los anejos.

## 6.- RECOMENDACIONES

En este punto se han incluido las recomendaciones o futuras investigaciones que por parte de los redactores del presente documento, se consideran tanto necesarios como recomendables, siendo estas las que a continuación se especifican:

1. En el supuesto en que se decida llevar a cabo descensos de nivel de explotación del embalse de Mequinenza, Riba-roja u otro que en un futuro pueda verse infectado como medida de control de la población, se recomienda tener en cuenta como referencia los datos de resistencia a la desecación obtenidos en este estudio. No obstante, siendo conscientes de lo complicado de la puesta en práctica de esta medida y de la necesidad de que se alcance el objetivo previsto, se considera necesario que la mortalidad de los individuos de mejillón cebra sea certificada y respaldada por parcelas testigo que para tal fin sean distribuidos a lo largo y ancho del talud del embalse objeto de actuación.
2. Tal y como se ha especificado en un apartado precedente, no se tiene constancia del porcentaje de la población de mejillón cebra que ha sucumbido ante el progresivo descenso del nivel del agua respecto al total de la población existente en el embalse de Mequinenza. En este sentido, se cree oportuno la realización de prospecciones subacuáticas para la determinación de la población residual que ha quedado por debajo del nivel mínimo alcanzado por las aguas.
3. Para comprobar la viabilidad de este tipo de actuaciones (descenso de la cota de embalse) como medida de control de la especie, es conveniente realizar un seguimiento o monitorización del tiempo de recolonización de las laderas del embalse.
4. En el caso más que probable de recolonización de laderas, sería aconsejable la realización de prospecciones subacuáticas tendentes a determinar una profundidad preferente de colonización por parte de la especie. Este dato es de vital importancia a la hora de barajar descensos programados del nivel de cota de embalse como medida de control de la población de mejillón cebra.
5. En el caso de que en los próximos años se produzcan descensos del nivel del agua del embalse de Mequinenza, sería conveniente la repetición de las experiencias llevadas a cabo para la consecución del segundo objetivo, bajo la influencia de diferentes condiciones ambientales. De esta manera, se obtendrían tiempos de resistencia a la desecación para un elenco lo más amplio posible de condiciones ambientales.
6. Es conveniente realizar un seguimiento o monitorización en continuo de los cursos de agua que viertan al embalse para determinar la presencia/ausencia de larvas de mejillón cebra. De esta manera se podrá cuantificar la extensión de la plaga y con ello poner en marcha las medidas cautelares oportunas.

7. Sería recomendable realizar muestreos de larvas velígeras de mejillón cebra en el embalse de Mequinenza. Esta actuación tendría un doble objetivo:
  - a) Determinar las profundidades donde se concentran de forma preferente las larvas velígeras a lo largo de un ciclo biológico completo.
  - b) Determinar la época en que una suelta masiva de agua como medida de control pueda ocasionar un mayor descaste de individuos adultos, respaldado por un arrastre de larvas hasta zonas salinas del Delta del Ebro donde éstas perecerían por exceso de salinidad de las aguas.
8. Realización de estudios que delimiten la extensión y las repercusiones originadas por la aparición de otra especie invasora que es observable en las laderas que han quedado descubiertas con la bajada de cota del embalse de Mequinenza: la almeja asiática (*Corbicula fluminea*).
9. Aunque se tiene constancia de la dificultad que entraña el llevar a cabo la medida que a continuación se propone, sería muy aconsejable la realización de una recogida manual y salvamento de las poblaciones de bivalvos autóctonos que queden fuera del agua ante un descenso del nivel de las aguas de los embalses, bien natural o programada.
10. Realización de cursillos o jornadas de formación dirigidas a los Agentes de Protección de la Naturaleza (A.P.N) o de otros miembros relacionados con la salvaguarda de la naturaleza. De esta manera se estima que la detección de la extensión de la plaga pueda ser detectada en plazos lo más cortos posibles.
11. Realización de campañas de sensibilización de la población de los grupos considerados de riesgo, principalmente pescadores y también a otros colectivos como la población en edad escolar.

En Lleida a 21 de noviembre de 2005

Imanol Cia  
Ingeniero de Montes

D. David Fargas  
Ingeniero Agrónomo

## 7.- BIBLIOGRAFIA

- ⊗ Azpeitia, F. (1993): Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal”. *Memorias del Instituto Geológico y Minero de España*, 38 (1): 1-458, y 39 (2): 459-763.
- ⊗ Cia, I y A. Palau (2004) : Problemática, Ecología y Control de la población de mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) mediante la gestión de la cota de explotación del embalse de Riab-roja (río Ebro). Memoria presentada para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados. UdL-Endesa.
- ⊗ Clarke, M., R.F. McMahon, A.C. Miller, B.S. Payne (1993): “Tissue freezing points and time for complete mortality on exposure to freezing air temperatures in the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) with reference to dewatering during freezing conditions as a mitigation strategy”. Proceedings of the Third International Zebra Mussel Conference. 23-26. February 1993, Toronto, ON.
- ⊗ García de Jalon, D., M. Mayo, F. Hervella, E. Barcelo y T. Fernandez (1993): “Principios y técnicas de gestión de las pesca en aguas continentales”. Ed: Mundiprensa. Madrid.
- ⊗ Grazio, J.L. y G. Montz (2002) : “Winter Lake Drawdown as a Strategy for Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) Control: Results of Pilot Studies in Minnesota and Pennsylvania”.
- ⊗ Heath, R.T. (1993): “Zebra mussel migration to inland lakes and reservoirs: a guide for lake managers”. Kent State University, Ohio Sea Grant Program.
- ⊗ Hebert, P. D.N., B.W. Muncaster y G.L. Mackie (1989) : “Ecological and genetic studies on *Dreissena polymorpha* (Pallas): A new mollusc in the Great Lakes”. *Can. J. Fish. Aq. Sci.* 46(9): 1587-1591.
- ⊗ Karnaukhov, V. N., y A.V. Karnuakhov (1993) : “Perspectives on the ecological impacts of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the former USSR and in North America”, pages 729-731 En : Nalepa, T. F. and D. W. Schloesser, Editors, *Zebra mussels: Biology, impacts and controls*, page 810 and from Tyus, H., P. Dwyer, and S. Whitmore, 1993. *Zebra mussels: Feasibility of preventing further invasion of the zebra mussel into the western United States*, page 9.
- ⊗ Kinzelbach, R. (1992): “The main features of the phylogeny and dispersal of the Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*)”. In: Jenner, H.A., J.W. Whitehouse, C.J.L. Taylor y M. Khalanski (1998): “Cooling water management in European power stations. Biology and control of fouling”. *Hydroécologie appliquée*, 10 (1-2).
- ⊗ Ludyanskiy, M.L., D. McDonald y D. MacNeill (1993): “Impact of the

Zebra Mussel, a bivalve invader”. *Bioscience*, 43 (8): 533-544.

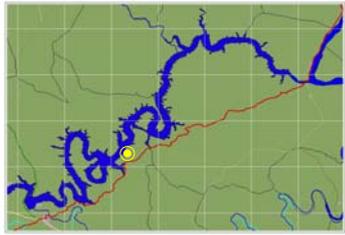
- ⊗ MacMahon, R.F, T.A. Ussery y A.C. Miller (1992): “Temperature and Relative Humidity Effects on Emersion Tolerance in Zebra Mussels (*Dreissena polymorpha*): Is Dewatering on Mitigation Option?”. Second International Zebra Mussel Conference. Agenda y Abstracts. Toronto, Canada, Feb.
- ⊗ Margalef, R. (1977): “Ecología”. Editorial Omega. Barcelona. 951 pp.
- ⊗ Paukstis, G.L., J.K. Tucker, A.M. Bronikowski y F.J. Janzen (1999): “Survivorship of aerially-exposed zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) under laboratory conditions”. *Journal of Freshwater Ecology* 14: 511–517.
- ⊗ Paukstis, G.L.; Janzen, F.J.; Tucker, J.K. (1996): “Response of aerially-exposed zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) to subfreezing temperatures”. *Journal of Freshwater Ecology* 11: 513–519.
- ⊗ Payne, B.S. (1992): “Freeze survival of aerially exposed zebra mussels”. Technical Note ZMR-2-09. Zebra Mussel Research Program. US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- ⊗ Ruíz Altaba, C., P.J. Jiménez y M.A. López (2001): “El temido mejillón cebra empieza a invadir los ríos españoles desde el curso bajo del río Ebro”. *Quercus*, 188: 50-51.

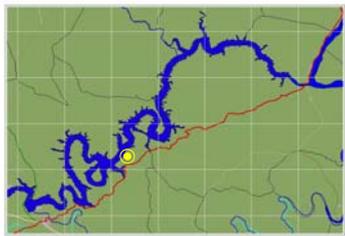
## **8.- ANEJOS**

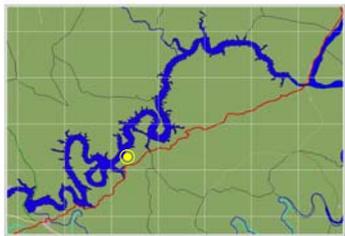
## **ANEJO NÚM. 1: LISTADO DE FICHAS<sup>1</sup> REFERENTES AL OBJETIVO 1**

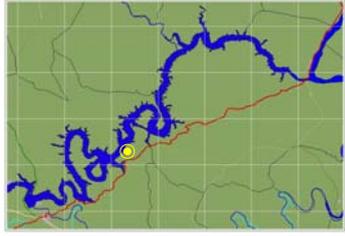
---

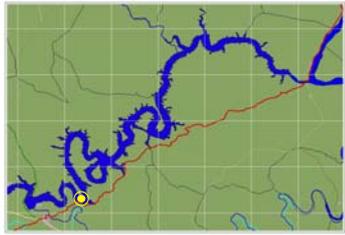
<sup>1</sup> La referencia de cada ficha corresponde a la concatenación del número de objetivo (en este caso 1) y del número de la parcela de estudio (desde 1 hasta 35).

O1P1	Camping Lake Caspe	Fotografía
Fecha: 10 Oct 05		
Hora: 14:58h		
Orientación: NE		
Sustrato: canto rodado		
Granulomet.: guijarros		
Pendiente: suave		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 756401, y: 4576410, z: 107.0	
	Cota embalse: 106.49 msnm	

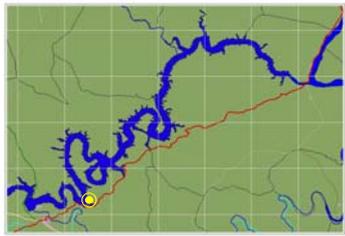
O1P2	Camping Lake Caspe	Fotografía
Fecha: 10 Oct 05		
Hora: 15:03h		
Orientación: NE		
Sustrato: canto rodado		
Granulomet.: guijarros		
Pendiente: suave		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 756398, y: 4576395, z: 107.3	
	Cota embalse: 106.49 msnm	

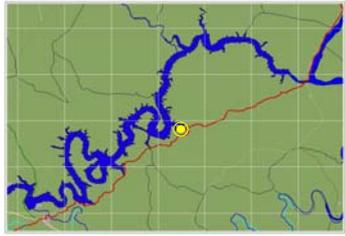
O1P3	Camping Lake Caspe	Fotografía
Fecha: 10 Oct 05		
Hora: 15:05h		
Orientación: NE		
Sustrato: canto rodado		
Granulomet.: guijarros		
Pendiente: muy suave		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 756398, y: 4576391, z: 106.5	
	Cota embalse: 106.49 msnm	

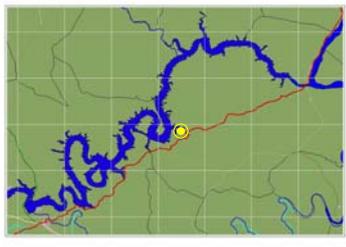
O1P4	Camping Lake Caspe	Fotografía
Fecha: 10 Oct 05		
Hora: 15:08h		
Orientación: NE		
Sustrato: canto rodado		
Granulomet.: guijarros		
Pendiente: suave		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 756388, y: 4576379, z: 108	
	Cota embalse: 106.49 msnm	

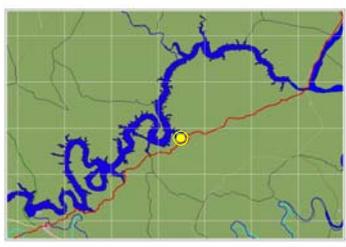
O1P5	Desembocadura río Guadalope	Fotografía
Fecha: 10 Oct 05		
Hora: 15:42h		
Orientación: NW		
Sustrato: roca		
Granulomet.: losa		
Pendiente: abrupta		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 751945, y: 4571283, z: 113	
	Cota embalse: 106.48 msnm	

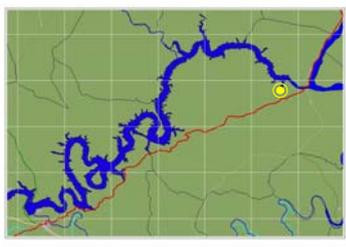
O1P6	Desembocadura río Guadalope	Fotografía
Fecha: 10 Oct 05		
Hora: 15:03h		
Orientación: NE		
Sustrato: grandes roca		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 751751, y: 4571296, z: 110	
	Cota embalse: 106.47 msnm	

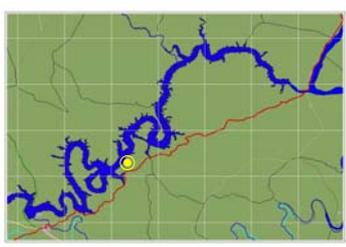
O1P7	Desembocadura río Guadalope	Fotografía
Fecha: 10 Oct 05		
Hora: 16:15h		
Orientación: NE		
Sustrato: rocas		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: suave		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 751930, y: 4571082, z: 109	
	Cota embalse: 106.47 msnm	

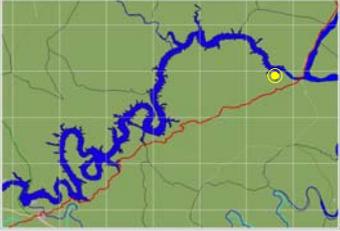
O1P8	Km 295 N-211 Sur	Fotografía
Fecha: 10 Oct 05		
Hora: 17:00h		
Orientación: NE		
Sustrato: roca		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: suave		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 756388, y: 4576379, z: 108	
	Cota embalse: 106.49 msnm	

O1P9	Km 295 N-211 Sur	Fotografía
Fecha: 10 Oct 05		
Hora: 17:03h		
Orientación: NE		
Sustrato: piedras		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: fuerte		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 762249, y: 4579569, z: 107	
	Cota embalse: 106.47 msnm	

O1P10	Km 295 N-211 Sur	Fotografía
Fecha: 10 Oct 05		
Hora: 17:06h		
Orientación: NE		
Sustrato: piedras		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: fuerte		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 762240, y: 4579561, z: 108	
	Cota embalse: 106.47 msnm	

O1P11	Presa de Mequinenza	Fotografía
Fecha: 10 Oct 05		
Hora: 17:54h		
Orientación: W		
Sustrato: piedras		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: suave		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 773366, y: 4584782, z: 106.5	
	Cota embalse: 106.49 msnm	

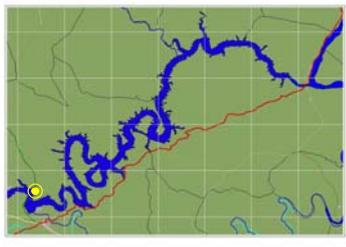
O1P12	Presa de Mequinenza	Fotografía
Fecha: 10 Oct 05		
Hora: 18:00h		
Orientación: W		
Sustrato: piedras		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 773374, y: 4584791, z: 108	
	Cota embalse: 106.49 msnm	

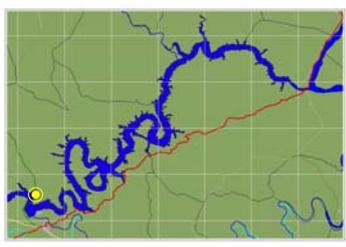
O1P13	Presa de Mequinenza	Fotografía
Fecha: 10 Oct 05		
Hora: 18:04h		
Orientación: W		
Sustrato: piedras		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 773378, y: 4584793, z: 112	
	Cota embalse: 106.49 msnm	

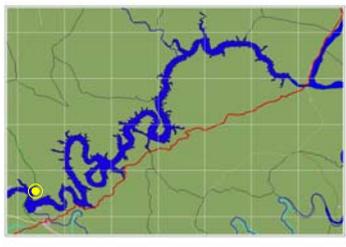
O1P14	Chiprana	Fotografía
Fecha: 12 Oct 05		
Hora: 10:21h		
Orientación: W		
Sustrato: finos y piedra		
Granul.: arcilla/limo		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
No se han encontrado individuos	x: 739555, y: 4572142, z: 108	
	Cota embalse: 106.48 msnm	

O1P15	Chiprana	Fotografía
Fecha: 12 Oct 05		
Hora: 10:46h		
Orientación: E		
Sustrato: finos y áridos		
Granul.: arcilla/limo		
Pendiente: suave		
Resultado:		
No se han encontrado individuos	x: 740825, y: 4573191, z: 107	
	Cota embalse: 106.48 msnm	

O1P16	Comunidad de Regantes CAMPES	Fotografía
Fecha: 12 Oct 05		
Hora: 11:27h		
Orientación: W		
Sustrato: metálico		
Granulometría: losa		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 746596, y: 4572650, z: 112	
	Cota embalse: 106.47 msnm	

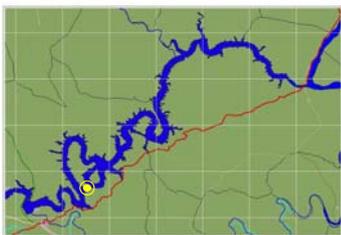
<b>O1P17</b>	Comunidad de Regantes CAMPES	Fotografía
Fecha: 12 Oct 05		
Hora: 11:32h		
Orientación: W		
Sustrato: metálico		
Granulometría: losa		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 746599, y: 4572650, z: 114	
	Cota embalse: 106.47 msnm	

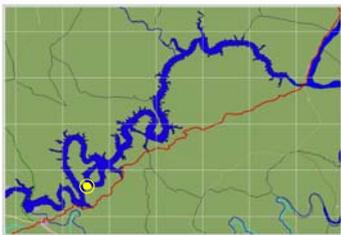
<b>O1P18</b>	Comunidad de Regantes CAMPES	Fotografía
Fecha: 12 Oct 05		
Hora: 11:34h		
Orientación: W		
Sustrato: bloques		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 746603, y: 4572645, z: 114	
	Cota embalse: 106.47 msnm	

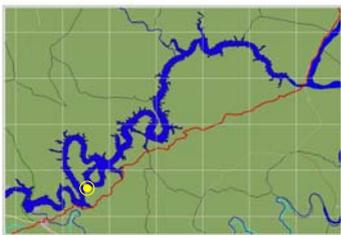
<b>O1P19</b>	Comunidad de Regantes CAMPES	Fotografía
Fecha: 12 Oct 05		
Hora: 11:37h		
Orientación: W		
Sustrato: piedras		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 746613, y: 4572640, z: 110	
	Cota embalse: 106.49 msnm	

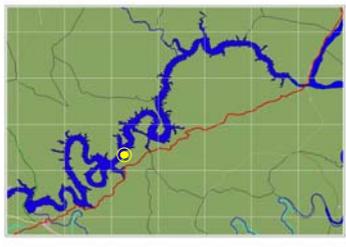
<b>O1P20</b>	Urbanización Chacón	Fotografía
Fecha: 12 Oct 05		
Hora: 12:03h		
Orientación: S		
Sustrato: metálico		
Granulometría: losa		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 744033, y: 4572870, z: 115	
	Cota embalse: 106.46 msnm	

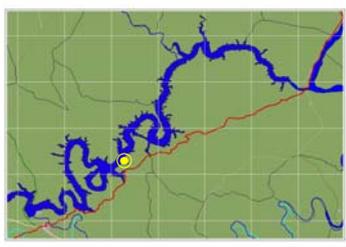
O1P21	Urbanización Chacón	Fotografía
Fecha: 12 Oct 05		
Hora: 12:10h		
Orientación: S		
Sustrato: rocas		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 744052, y: 4572993, z: 116	
	Cota embalse: 106.46 msnm	

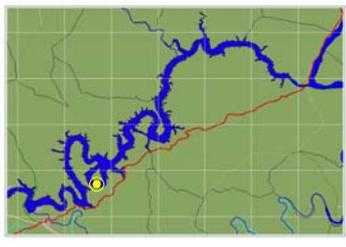
O1P22	Camino de Herradura	Fotografía
Fecha: 15 Oct 05		
Hora: 10:18h		
Orientación: NW		
Sustrato: piedra		
Granul.: bloque pequeño		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 752093, y: 4573187, z: 114	
	Cota embalse: 106.28 msnm	

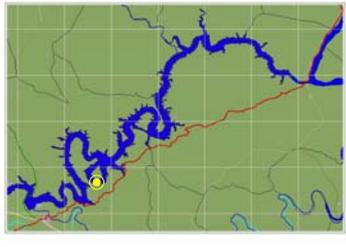
O1P23	Camino de Herradura	Fotografía
Fecha: 15 Oct 05		
Hora: 10:21h		
Orientación: NW		
Sustrato: piedras		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: suave		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 752169, y: 4573221, z: 112	
	Cota embalse: 106.28 msnm	

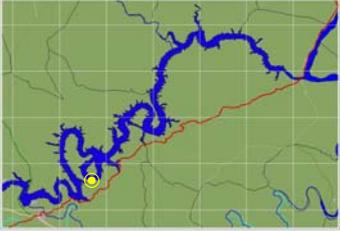
O1P24	Camino de Herradura	Fotografía
Fecha: 15 Oct 05		
Hora: 10:25h		
Orientación: NW		
Sustrato: playa finos		
Granulom.: arcilla/limo		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 752070, y: 4573242, z: 108	
	Cota embalse: 106.28 msnm	

O1P25	Bombeo Lake Caspe	Fotografía
Fecha: 17 Oct 05		
Hora: 14:52h		
Orientación: N		
Sustrato: roca		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: abrupta		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 756221, y: 4576495, z: 106.8	
	Cota embalse: 106.75 msnm	

O1P26	Bombeo Lake Caspe	Fotografía
Fecha: 17 Oct 05		
Hora: 14:56h		
Orientación: N		
Sustrato: bloques		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: abrupta		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 756235, y: 4576486, z: 108	
	Cota embalse: 106.75 msnm	

O1P27	Camino de Herradura, derecha	Fotografía
Fecha: 17 Oct 05		
Hora: 15:48h		
Orientación: NE		
Sustrato: rueda		
Granl.: bloque pequeño		
Pendiente: orilla suave		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 752917, y: 4573352, z: 107	
	Cota embalse: 106.76 msnm	

O1P28	Camino de Herradura, derecha	Fotografía
Fecha: 17 Oct 05		
Hora: 15:53h		
Orientación: NE		
Sustrato: ladera piedra		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 752927, y: 4573392, z: 110	
	Cota embalse: 106.76 msnm	

<b>O1P29</b>	Camino de Herradura, derecha	Fotografía
Fecha: 17 Oct 05		
Hora: 16:02h		
Orientación: NE		
Sustrato: cemento		
Pendiente: abrupta		
Resultado:	x: 752794, y: 4573464, z: 114	
Mortalidad: 100%	Cota embalse: 106.76 msnm	

<b>O1P30</b>	Mala Maison	Fotografía
Fecha: 17 Oct 05		
Hora: 16:46h		
Orientación: S		
Sustrato: finos		
Granul.: arcillas/limo		
Pendiente: playa suave	x: 753459, y: 4575589, z: 106.8	
Resultado:	Cota embalse: 106.28 msnm	
Mortalidad: 100%		

<b>O1P31</b>	Mala Maison	Fotografía
Fecha: 17 Oct 05		
Hora: 16:51h		
Orientación: S		
Sustrato: piedras		
Granul.: bloque grande		
Pendiente: suave	x: 753449, y: 4575603, z: 110	
Resultado:	Cota embalse: 106.78 msnm	
Mortalidad: 100%		

<b>O1P32</b>	Mala Maison	Fotografía
Fecha: 17 Oct 05		
Hora: 17:10h		
Orientación: S		
Sustrato: canto rodado		
Gran.: bloque pequeño		
Pendiente: suave	x: 753565, y: 4575633, z: 108	
Resultado:	Cota embalse: 106.78 msnm	
Mortalidad: 100%		

O1P33	Km 295 N-211 Norte	Fotografía
Fecha: 17 Oct 05		
Hora: 18:38h		
Orientación: N		
Sustrato: bloques		
Granl.: bloque pequeño		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 762378, y: 4579620, z: 106.8	
	Cota embalse: 106.8 msnm	

O1P34	Km 295 N-211 Norte	Fotografía
Fecha: 17 Oct 05		
Hora: 18:52h		
Orientación: N		
Sustrato: roca		
Granulometría: piedra		
Pendiente: fuerte		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 762381, y: 4579622, z: 107.5	
	Cota embalse: 106.8 msnm	

O1P35	Km 295 N-211 Norte	Fotografía
Fecha: 17 Oct 05		
Hora: 18:58h		
Orientación: N		
Sustrato: roca		
Granulometría: piedra		
Pendiente: moderada		
Resultado:		
Mortalidad: 100%	x: 762385, y: 4579624, z: 110	
	Cota embalse: 106.8 msnm	

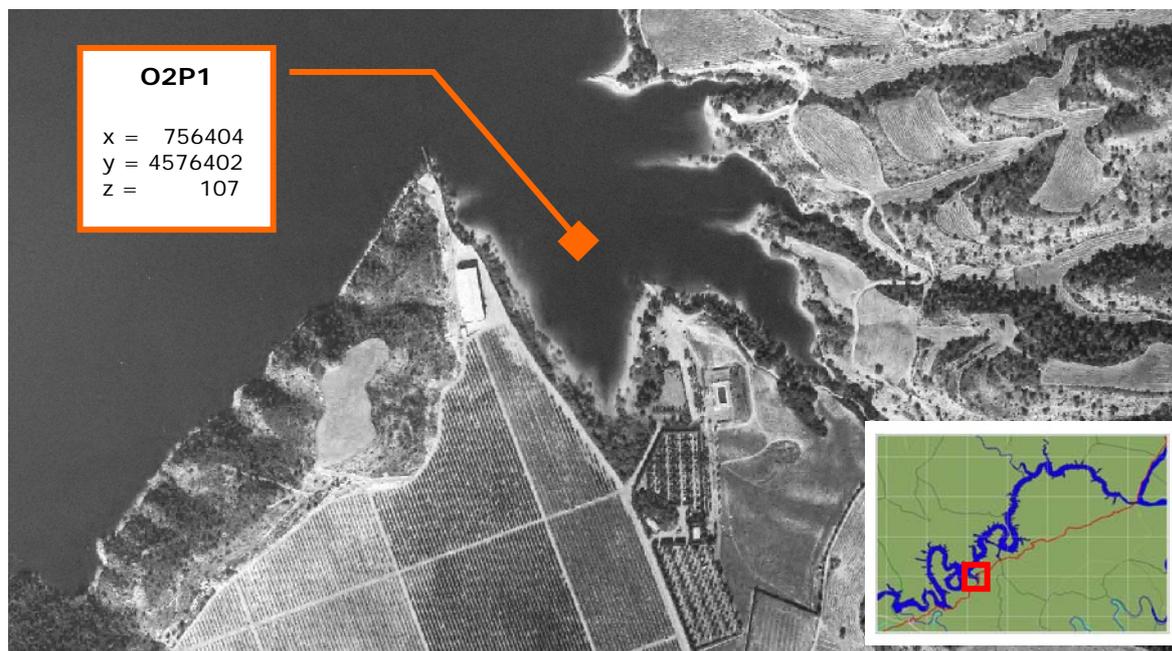
## **ANEJO NÚM. 2: LISTADO DE FICHAS<sup>2</sup> REFERENTES AL OBJETIVO 2**

---

<sup>2</sup> La referencia de cada ficha corresponde a la concatenación del número de objetivo (en este caso "2") y del número de la parcela de estudio (desde 1 hasta 6).

## O2P1: Camping Lake Caspe

### Situación:



### Descripción de la parcela:

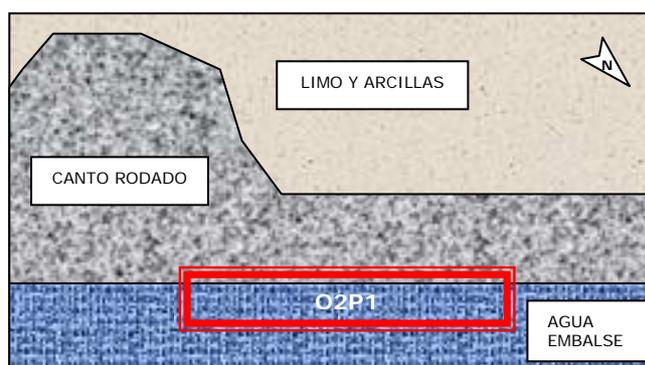
Orientación: NE

Pendiente: 8°

Sustrato: Cantos rodados

#### Características:

Parcela de 12 m de largo y 0.70 m de ancho. Suave pendiente. Según *García de Jalón et al., (1993)* la granulometría es de clase 5.



### Observaciones:

Día	Hora	Cota de embalse	Anotaciones	Temp (°C) acumulada	Precip (mm) acumulada
10/10/05	14:33	106.46	Selección de la parcela	-	-
17/10/05	14:20	106.75	Extracción de 10 piedras	0	0
20/10/05	13:50	107.29	54'0% individuos muertos	1057	1.00
21/10/05	13:50	107.35	81'8% individuos muertos	1471	1.60
24/10/05	12:10	107.39	99'8% individuos muertos	2536	16.20
26/10/05	12:20	107.32	100% individuos muertos	3277	16.20
<b>9 días</b>	<b>214 h</b>		<b>100%</b>	<b>3277 °C</b>	<b>16.20 mm</b>

## Fotos:



Se delimitó una parcela representativa de cantos rodados con estacas, de manera que quedara parcialmente sumergida y poder estudiar la evolución a lo largo de los siguientes días.



Debido a la subida de cota del embalse, se extrajeron 10 piedras sumergidas en unos 50 cm del agua, con individuos vivos y se trasladaron a una cota superior, en la misma exposición y pendiente reproduciendo el estado original dentro del embalse.



Tres días después, aproximadamente la mitad de individuos resultaron muertos.



Detalle de una de las piedras extraídas. La fotografía muestra los síntomas claros de deshidratación de los individuos. La falta de respuesta a estímulos externos, certifica la muerte de los mismos.

Se observan pequeños mejillones (individuos desarrollados en verano) que ocupan preferentemente zonas ya colonizadas por mejillones adultos.

## O2P2: km 295 de la N-211 "SUR"

### Situación:



### Descripción de la parcela:

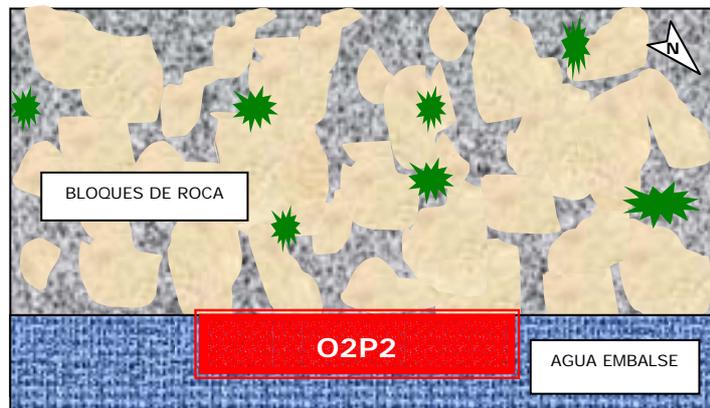
Orientación: NE

Pendiente: 32°

Sustrato: Grandes bloques y cantos rodados.

#### Características:

Parcela de 8 m de largo y 0.70 m de ancho. Gran parte del día están en condiciones de sombra. Aunque el sustrato no es el idóneo para la vegetación, ésta surge de forma espontánea cuando disminuye la cota del embalse.



### Observaciones:

Día	Hora	Cota de embalse	Anotaciones	Temp (°C) acumulada	Precip (mm) acumulada
10/10/05	16:53	106.47	Selección de la parcela	-	-
17/10/05	13:50	106.75	Extracción de 12 piedras	0	0.00
20/10/05	13:30	107.29	7'6% individuos muertos	1057	1.00
21/10/05	13:30	107.35	35% individuos muertos	1470	1.60
24/10/05	10:35	107.44	98'6% individuos muertos	2536	16.20
26/10/05	12:00	107.32	100% individuos muertos	3277	16.20
<b>9 días</b>	<b>215 h</b>		<b>100%</b>	<b>3277 °C</b>	<b>16.20 mm</b>

## Fotos:



Se seleccionó una parcela representativa de grandes bloques orientada hacia la cara norte (noreste) mediante estacas, de manera que quedara parcialmente sumergida y poder estudiar la evolución a lo largo de los siguientes días.



Debido a la subida de cota del embalse, se extrajeron 12 piedras sumergidas a unos 50 cm de profundidad con individuos vivos, las cuales se trasladaron a una cota superior, en la misma exposición, pendiente y sustrato, con el objetivo de reproducir fielmente las mismas condiciones que en el caso de permanecer bajo el agua.



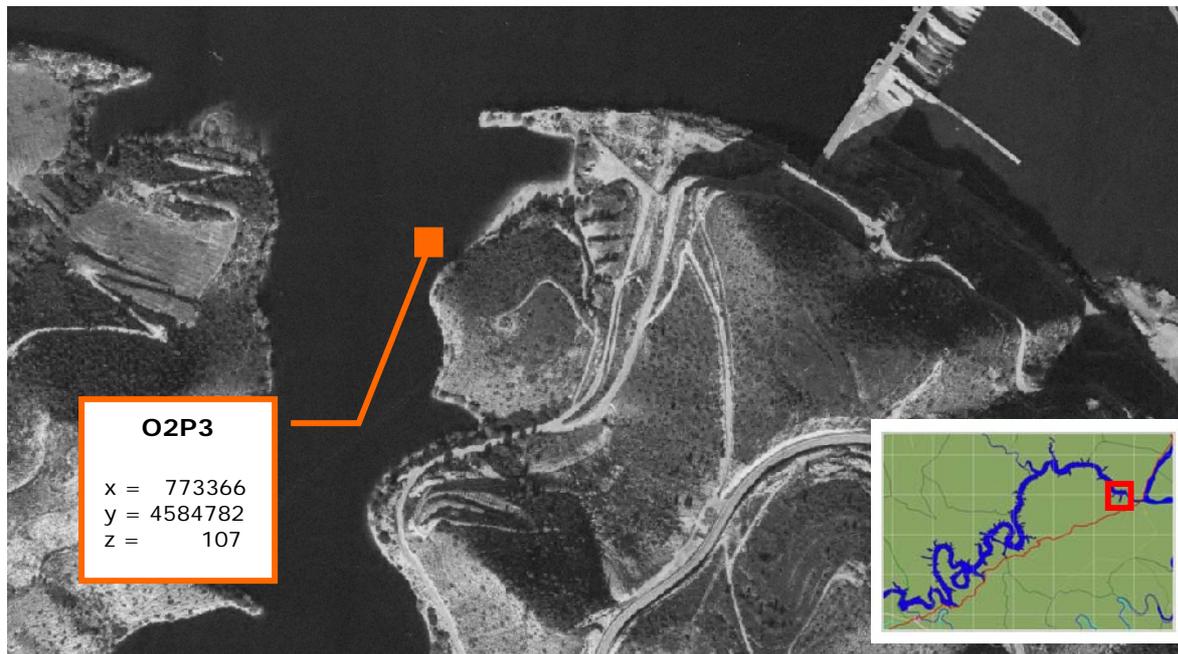
Días más tarde, se aprecian individuos vivos y muertos. Los individuos más desprotegidos y los que están más expuestos al sol, son los primeros en morir. En cambio, los que permanecen ocultos en zonas sombrías resisten más tiempo.



Al cabo de una semana, los individuos muestran síntomas evidentes de deshidratación, aunque algunos (según las condiciones atmosféricas) presentan un grado de humedad importante.

## O2P3: Presa de Mequinenza

### Situación:



### Descripción de la parcela:

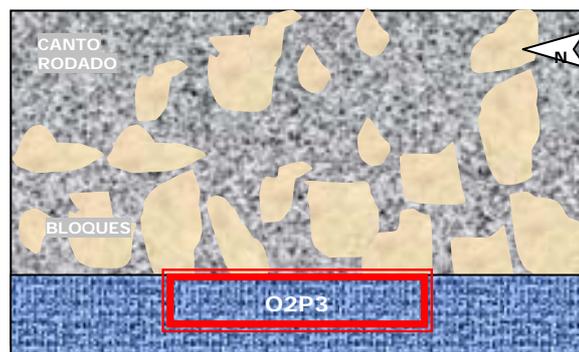
Orientación: W

Pendiente: 5°

Sustrato: Canto rodado y bloques grandes

#### Características:

Parcela de 10 m de largo y 0.70 m de ancho. La parcela se sitúa tal y como describe el croquis siguiente.



### Observaciones:

Día	Hora	Cota de embalse	Anotaciones	Temp (°C) acumulada	Precip (mm) acumulada
10/10/05	17:54	106.49	Selección de la parcela	-	-
17/10/05	10:20	106.70	Extracción de 10 piedras	0	0.00
20/10/05	10:30	107.31	89'5% individuos muertos	998	1.00
21/10/05	12:15	107.35	95'6% individuos muertos	1411	1.60
24/10/05	10:00	107.43	100% individuos muertos	2507	16.20
<b>7 días</b>	<b>168 h</b>		<b>100%</b>	<b>2507 °C</b>	<b>16.20 mm</b>

**Fotos:**



Se extrajeron 10 piedras del interior del embalse y se colocaron en condiciones similares a las que se encontraban (en cuanto a exposición). Las piedras extraídas contenían mejillones vivos, tal y como se aprecia en el detalle de la fotografía adjunta.



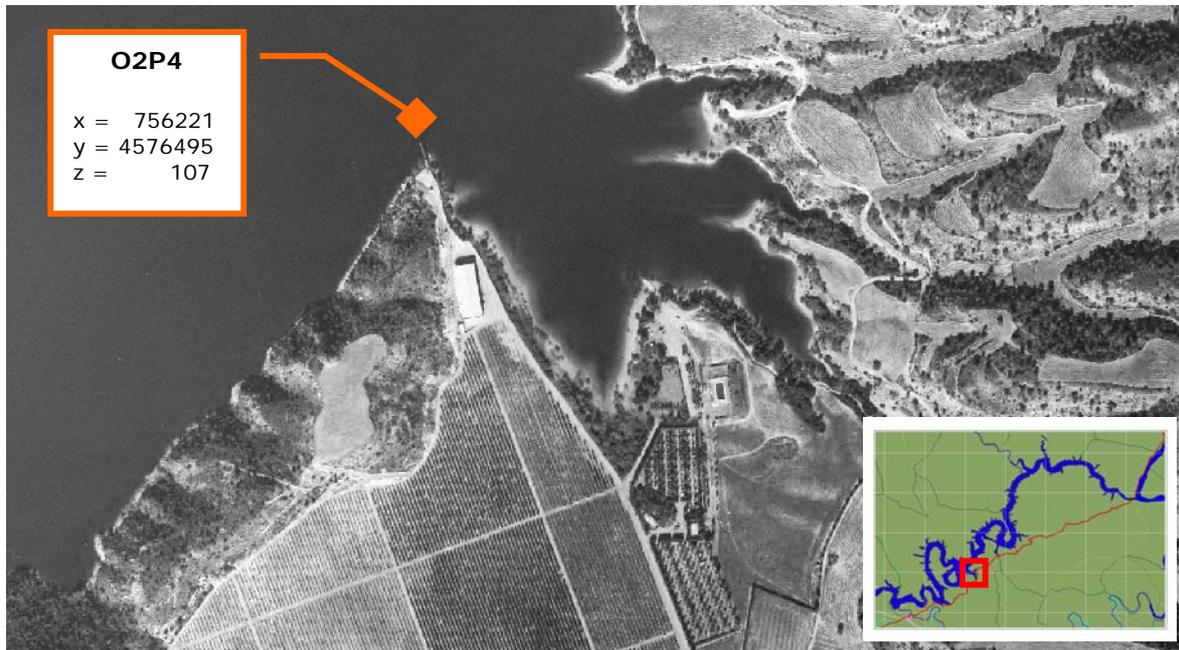
Tres días después, aunque la mayor parte de los mejillones habían muerto, muchos ejemplares permanecían vivos, manteniendo sus valvas semi-cerradas (ver foto adjunta).



Al cabo de siete días, aunque la zona mantenía un porcentaje elevado de humedad motivado por los bancos de niebla matinales que aparecieron durante el periodo de experimentación, los individuos ya estaban muertos, tal y como se aprecia en la fotografía.

## O2P4: Bombeo Lake Caspe

### Situación:

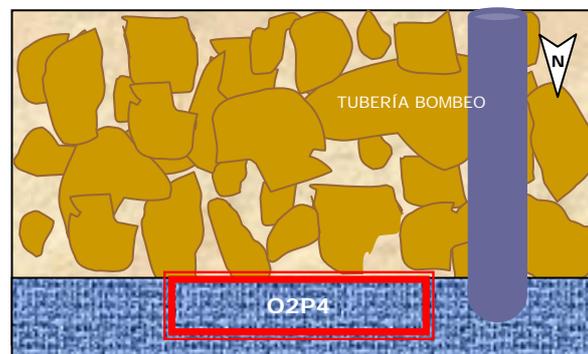


### Descripción de la parcela:

Orientación: N  
 Pendiente: 15°  
 Sustrato: bloques grandes

#### Características:

La parcela está orientada al norte, protegida por rocas cuya morfología se asemeja a la entrada de una cueva y que proporcionan sombra durante la mayor parte del día.



### Observaciones:

Día	Hora	Cota de embalse	Anotaciones	Temp (°C) acumulada	Precip (mm) acumulada
17/10/05	14:45	106.75	Extracción de 10 piedras	0	0.00
20/10/05	14:10	107.29	12'3% individuos muertos	1140	1.00
21/10/05	14:00	107.35	24'5% individuos muertos	1533	1.60
24/10/05	12:30	107.39	96'9% individuos muertos	2634	16.20
26/10/05	12:30	107.32	100% individuos muertos	3376	16.20
<b>9 días</b>	<b>214 h</b>		<b>100%</b>	<b>3376 °C</b>	<b>16.20 mm</b>

## Fotos:



Se detectaron abundantes colonias de mejillones en los bloques sumergidos del embalse. Igualmente, las rocas que fueron expuestas a la desecación, presentaban altas densidades de población.



Cuando el embalse empezó a aumentar de cota, se extrajeron diversas muestras y se colocaron a unos 2 metros por encima de la cota de embalse, intentando reproducir las mismas condiciones de donde procedían, e incluso protegiendo las piedras de la exposición al sol, para determinar la opción más desfavorable.



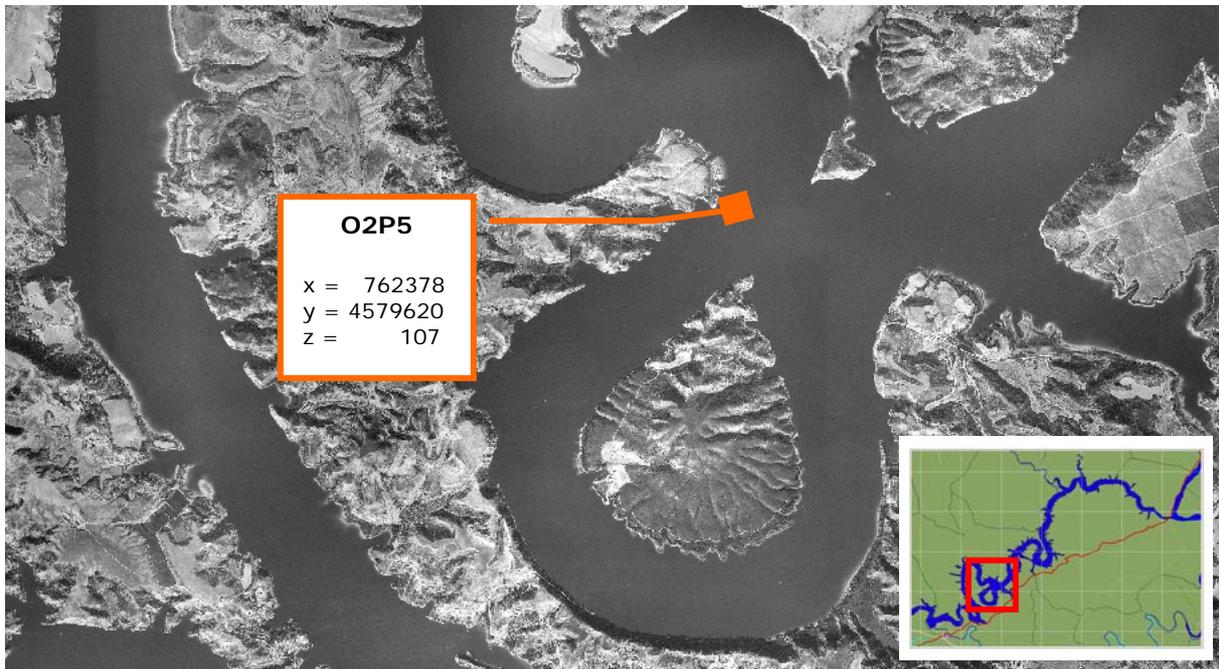
En esta parcela, además de las piedras, se extrajo un cubo infectado por abundantes mejillones para estudiar su evolución. Bajo la base del cubo quedó agua retenida, lo que propició que los mejillones existentes sobrevivieran más de una semana a la extracción del cubo del vaso del embalse. En la foto pequeña se aprecia en detalle la base del cubo.



Las condiciones de humedad específicas de esta parcela (cara norte, sombra,...), permitieron alargar hasta 8 días la vida de los individuos.

## O2P5: Mala Maison

### Situación:



### Descripción de la parcela:

Orientación: Sur  
Pendiente: 10°  
Sustrato: canto rodado, bloque pequeño y bloque grande

#### *Características:*

Se extrajeron piedras del embalse ubicándolas sobre sustrato de canto rodado, en representación de la zona. Las piedras de mayor tamaño proceden de las ruinas que hay en el entorno.



### Observaciones:

Día	Hora	Cota de embalse	Anotaciones	Temp (°C) acumulada	Precip (mm) acumulada
17/10/05	16:46	106.77	Extracción de 10 piedras	0	0.00
20/10/05	14:45	107.29	78% individuos muertos	1099	1.00
21/10/05	14:30	107.33	96'3% individuos muertos	1491	1.60
24/10/05	13:00	107.39	100% individuos muertos	2572	16.20
<b>7 días</b>	<b>164 h</b>		<b>100%</b>	<b>2572 °C</b>	<b>16.20 mm</b>

## Fotos:



En la zona conocida como "Mala Maison" quedaron al descubierto restos de edificaciones, completamente colonizadas por mejillón cebra. Las piedras extraídas del embalse, se colocaron en una ladera expuesta al sur, representativa de la zona seleccionada.



Al tercer día de exposición, las piedras aún mantenían un grado de humedad importante, aunque la proporción de individuos muertos era casi del 80%.



En la fotografía adjunta se observa el estado en que se encontraban los mejillones al cuarto día de exposición. Las valvas ya se abren completamente y solo permanecen vivos aquellos individuos que quedan bajo las piedras, con más humedad y menos exposición al sol.



A medida que avanzan los días, aparecen plec6pteros (familia *Perlodidae*), d6pteros (familia *Calliphoridae*) y cole6pteros (familia *Buprestidae*).

## O2P6: km 295 N-211 "NORTE"

### Situación:



### Descripción de la parcela:

Orientación: S  
Pendiente: 30°  
Sustrato: Piedra y bloque pequeño

#### *Características:*

La parcela se ubica en un brazo cerrado del embalse de Mequinenza, cerca de una zona de aspiración del agua para usos agrícolas. Presenta una pendiente elevada y un sustrato ideal para mejillones.



### Observaciones:

Día	Hora	Cota de embalse	Anotaciones	Temp (°C) acumulada	Precip (mm) acumulada
17/10/05	18:38	106.80	Extracción de 10 piedras	0	0.00
20/10/05	13:00	107.30	21'7% individuos muertos	1017	1.00
21/10/05	13:00	107.35	89'4% individuos muertos	1411	1.60
24/10/05	10:35	107.44	100% individuos muertos	2502	16.20
<b>6,6 días</b>	<b>160 h</b>		<b>100%</b>	<b>2502 °C</b>	<b>16.20 mm</b>

**Fotos:**



Parcela representativa de una zona pedregosa ubicada en una pendiente elevada.



Los mejillones, mientras están vivos, tienden a cerrarse para evitar mayores pérdidas de agua (detalle de la fotografía adjunta).



La exposición sur, recibe la mayor cantidad de sol durante el día. Es, por tanto, donde menos tiempo tardan en morir los mejillones.



Durante los días en que los mejillones permanecieron fuera del agua, se detectaban los ejemplares muertos, se contaban y se calculaba el porcentaje para cada piedra y para el conjunto de la parcela.