

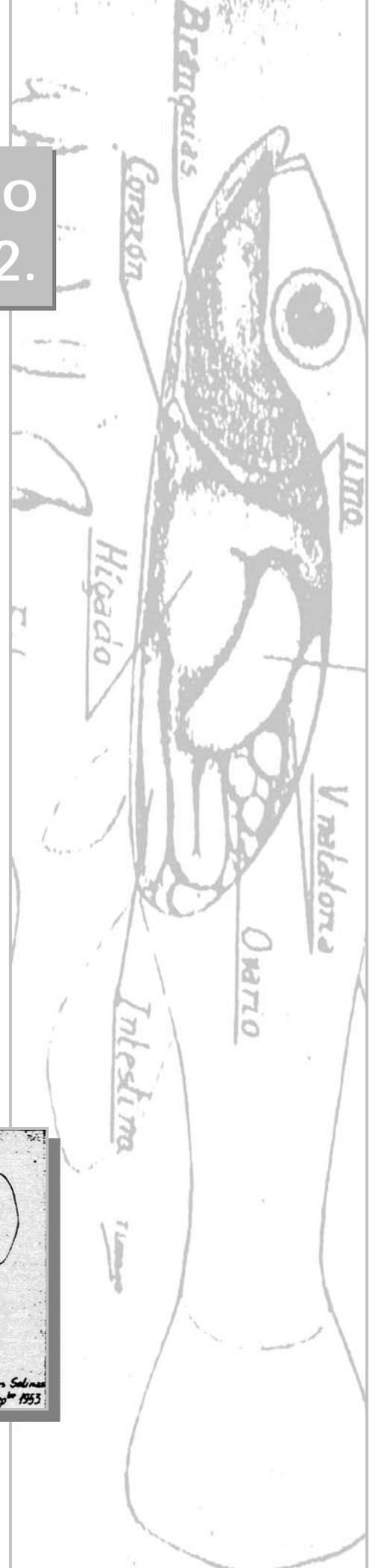
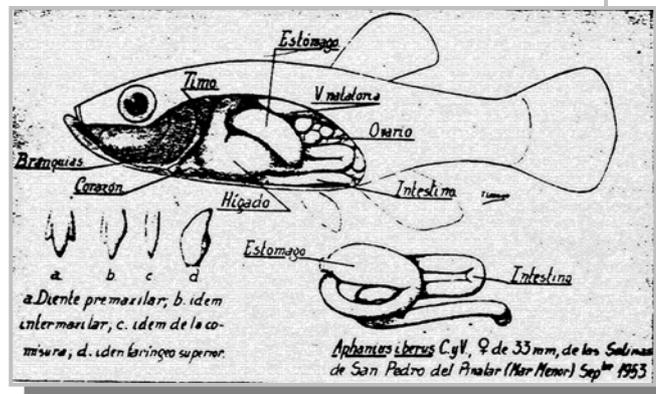
# Capítulo 2.



## Especie objeto de estudio: *Aphanius iberus* (Valenciennes, 1846).

La especie es propia de las aguas dulces y salobres, sobre todo de las aguas muertas, ricas en vegetación, de nuestra zona levantina, muy especialmente en la región valenciana y colindantes... Nosotros la hemos pescado en dos sitios bien distintos, uno en las cercanías de Murcia, en plena huerta, en un cauce de agua estancada, donde se había desarrollado una densa vegetación, en el que pululaban innumerables animalillos acuáticos, en unión de algunos jovencitos de *Atherina* y de *Leuciscus*... Un señor, que amablemente nos acompañó a aquel lugar para que capturásemos ejemplares, nos aseguró que días anteriores, en aquel mismo sitio, los había visto en cantidad extraordinaria, hasta el punto de que pudo pescar muchos valiéndose de un salabre. Observó, por cierto, en aquella ocasión, que los pececillos, que formaban una banda, nadaban en formación cerrada, siempre por una de las orillas, siguiendo todas las inflexiones y accidentes, como los ciudadanos que van por las calles obedeciendo las reglas establecidas para la circulación por las autoridades...

LUIS LOZANO REY, 1935.





1. Sistemática del Grupo	19
2. Descripción Anatómica y Morfológica	21
3. Biología y Ecología	25
<i>Edad y Crecimiento</i>	25
<i>Condición Somática</i>	26
<i>Proporción de Sexos y Dimorfismo Sexual</i>	26
<i>Edad y Longitud de Primera Madurez</i>	27
<i>Desarrollo Gonadal</i>	27
<i>Fecundidad</i>	28
<i>Alimentación</i>	30
<i>Hábitat</i>	31
<i>Etología</i>	33
<i>Acuariología</i>	33
<i>Enfermedades, Parasitología y Toxicología</i>	34
4. Origen, Zoogeografía y Distribución del género <i>Aphantius</i> Nardo, 1827	34
<i>El género Aphantius en la Península</i>	37
5. Variabilidad Genética de <i>Aphantius iberus</i> .	
Aproximación.	40
<i>Referencias bibliográficas</i>	41



Biología y Conservación de *Aphantius iberus* (Valenciennes, 1846) en la Región de Murcia

## 1. Sistemática del Grupo.

ORDEN CYPRINODONTIFORMES  
 Familia Cyprinodontidae GILL, 1865  
 Subfamilia Cyprinodontinae GILL, 1865  
 Género *Aphanius* NARDO, 1827  
 Especie *Aphanius iberus* (VALENCIENNES, 1846)  
 Descripción original en CUVIER & VALENCIENNES, 1846

Tradicionalmente, los Ciprinodóntidos ibéricos se han incluido en la familia Cyprinodontidae. Sin embargo, la clasificación del Orden Cyprinodontiformes presentada por Parenti (1981), basándose en los caracteres morfológicos derivados que presentan en común las especies que componen cada grupo, establece una serie de nuevos grupos monofiléticos jerárquicamente ordenados. En esta clasificación, el número de familias que integran el orden se ve aumentado proponiendo, entre otras, la familia Valenciidae, constituida únicamente por el género *Valencia* Myers, 1928. La familia Cyprinodontidae quedaría constituida por un menor número de géneros a los tradicionalmente incluidos, comprendería a los verdaderos Ciprinodóntidos (*sensu* Parenti 1981), entre los que se encontrarían las especies del género *Aphanius*.

El género *Aphanius* Nardo, 1827 ha tenido varios sinónimos a lo largo de la historia: *Lebias* (Goldfuss, 1820), *Tellia* (Gervais, 1853), *Micromugil* (Gulia, 1861) y *Aphaniops* (Hoedeman, 1951). Consecuentemente, la especie objeto de estudio ha sido citada con diferentes denominaciones desde su descripción original por Valenciennes (en Cuvier & Valenciennes, 1846) (Tabla 2.1).

**Tabla 2.1.** Denominaciones de la especie objeto de estudio desde su descripción original.

<i>Aphanius iberus</i> (Valenciennes, 1846)	por De Cisternas (1877)
<i>Cyprinodon iberus</i> (Valenciennes, 1846)	por Lozano Rey (1919) y Pellegrin (1921)
<i>Lebias ibericus</i> (Steindachner, 1865)	
<i>Lebias ibera</i> (Cuvier y Valenciennes, 1846)	por Lozano Cabo (1919)
<i>Lebias iberus</i> (Cuvier y Valenciennes, 1846)	por Schreitmüller (1921)
<i>Lebias iberus</i> (Steindachner, 1865)*	por De Buen (1935)

(\*) Probable confusión de De Buen ya que hace referencia al trabajo de Steindachner (1865) donde la especie se denomina como *Lebias ibericus*.

No es extraño encontrar a la especie como *Cyprinodon iberus*, pues Boulenger (1907) usó la denominación del género *Cyprinodon* (Lacépède, 1803) tanto para los Ciprinodóntidos del Nuevo Mundo como los del Viejo Mundo. Este uso se mantuvo hasta 1948, año a partir del cual se comienza a usar con frecuencia el género descrito por Nardo (*Aphanius*), sin dejar por ello de ser un sinónimo joven de *Lebias* (Lazara 1995).



Frontal modificado de Rachow (1924)

En la *III Reunión Técnica sobre Ciprinodóntidos Amenazados* celebrada en Almería (16 y 17 de Mayo de 1996), se acordó dar a la especie motivo de este estudio la denominación científica de *Lebias iberica* (Valenciennes, 1846). Lazara (1995) revela que la denominación de *Lebias* para el género en cuestión fue anterior a la comúnmente usada de *Aphanius*. De este modo, siguiendo las normas del *Código Internacional de Nomenclatura Zoológica* (ICZN; www.iczn.org) el nombre más correcto para el género sería el primero y, por consiguiente, *Lebias iberica* para la designación de la especie.

**Opinion 2057 (case 3028)**

***Aphanius* Nardo, 1827 (Osteichthyes, Cyprinodontiformes): Conserved.**

Abstract: The Commission has ruled that the name *Aphanius* Nardo, 1827 for a genus of Palearctic fishes (family CYPRINODONTIDAE) is conserved by the suppression of the name *Lebias* Goldfuss, 1820 which, with a single exception in 1895, had remained unused since 1846 until resurrected by Lazara in 1995. Few authors have followed Lazara in his use of *Lebias* which does not refer to the same taxon as *Aphanius*.

September 2003 in Vol.60  
Bulletin of Zoological Nomenclature.

No obstante, debido a lo establecida que está la denominación del género *Aphanius* dentro del colectivo científico, prácticamente la totalidad de referencias científicas sobre la especie han mantenido la denominación de *Aphanius iberus* para la especie objeto de este trabajo. A su vez, en el *Boletín de Nomenclatura Zoológica* (Vol. 58) se presentó (Caso 3028) la posibilidad de mantener el nombre de *Aphanius* para el género (Kottelat & Wheeler 2001) y, finalmente, la *Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica* presentó en el volumen 60 de dicho Boletín la resolución de optar por el mantenimiento de la denominación *Aphanius* Nardo, 1827 para el género en cuestión (*Opinion 2057*).

En un reciente trabajo sobre la variabilidad genética y morfológica del género *Aphanius* en la Península (Doadrio et al. 2002) se describe una nueva especie para las poblaciones atlánticas de fartet, *Aphanius baeticus* Doadrio, Carmona & Fernández-Delgado, 2002 (Fig. 2.1). De esta forma, el panorama nacional queda conformado por dos especies del género:

*Aphanius baeticus* con distribución atlántica, y *Aphanius iberus* con distribución mediterránea. En los análisis presentados en dicho trabajo (Doadrio et al. 2002), se observaron claras diferencias morfológicas de la población de Villena (población interior de la provincia de Alicante) con respecto al resto de poblaciones mediterráneas. Sin embargo, el hecho de realizar dichos análisis con especímenes en cautividad, impidió la posible diferenciación de una nueva especie con una distribución interior en la provincia de Alicante.

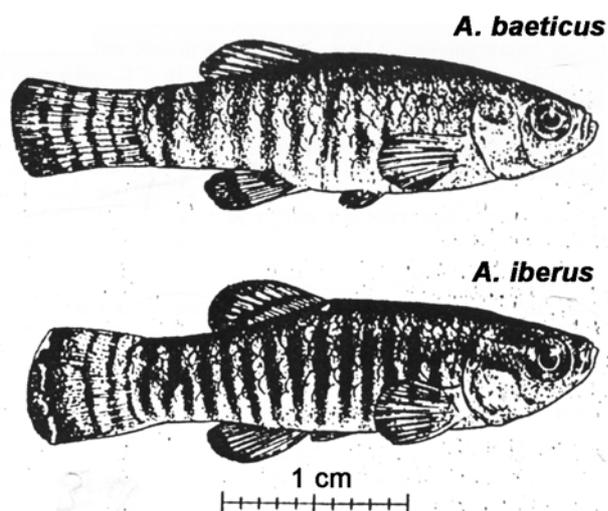


Figura 2.1. Machos de las dos especies del género *Aphanius* descritas en la Península Ibérica.  
(Ilustración: M.Merino, modificada de Doadrio et al. 2002)

## 2. Descripción Anatómica y Morfológica.

*Aphanius iberus* es un pez de pequeño tamaño que, en hábitats naturales, no suele superar los 6 cm de longitud total. Presenta un cuerpo compacto, corto y robusto, más alto en la parte anterior que en la posterior (Mas 1981, Checa 1982). Todo el cuerpo está cubierto de escamas cicloideas que, a excepción de las mejillas y la mandíbula inferior, pueden extenderse por toda la cabeza. Detalles sobre la microestructura de las escamas pueden analizarse en Ferrito et al. (2003).

La longitud preorbitaria es igual o algo menor que el diámetro del ojo, algo mayor que en *Aphanius baeticus* (Doadrio et al. 2002), especie con los caracteres morfológicos más próximos. Los ojos, relativamente grandes en comparación con el tamaño corporal, se sitúan cerca del perfil dorsal de la cabeza. Las aberturas nasales posteriores sólo son visibles en la cara superior de la cabeza y adoptan forma de ojal. Las aberturas externas anteriores están en el borde rostral y tienen forma de poro (Lozano Cabo 1979).

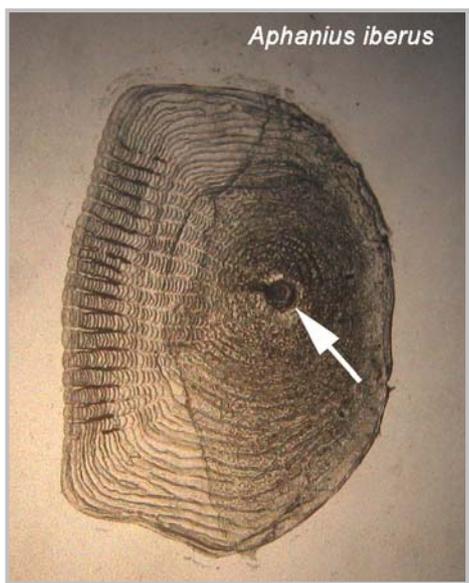
Presenta una boca súpera, protráctil y pequeña, con la mandíbula inferior más prominente que la superior (Tortonese 1986). Ambas provistas de dientes, muy juntos entre sí, situados en una sola hilera. Varios autores consideran estos dientes tricúspides, con la punta central de mayor tamaño (Lozano Cabo 1979, Doadrio et al. 1991, Doadrio 2002). Sin embargo, esto es válido sólo para los dientes frontales de las dos mandíbulas, ya que en la comisura bucal los dientes son monocúspides y simétricos. También aparecen dientes sobre los huesos faríngeos con una fisonomía diferente (Lozano Cabo 1979).

Todas las aletas presentan una forma redondeada en su borde distal (Parenti 1981) y están conformadas por radios segmentados. Las aletas dorsal y anal son casi opuestas, el primer radio de la anal corresponde, aproximadamente, al quinto de la dorsal. Ambas aletas se sitúan en la mitad posterior del cuerpo, si bien la dorsal está más cerca del extremo posterior del mismo; las aletas pelvianas están situadas en posición abdominal. La fórmula radial de las aletas varía según los autores (Tabla 2.2).

**Tabla 2.2.** Fórmula radial de las aletas de *Aphanius iberus* descrita por diversos autores.

De Cisternas (1877)	D 10-11	A 9-10	C 25	V 7	P 14
Pellegrín (1921)	D 9-10	A 9-10		V 6	P 14-15
Lozano Cabo (1979)	D 10-11	A 9-10	C X+25+X		
Parenti (1981)	D I+9	A II+8	C 7+14+7		P 15-16
Gómez & Díaz (1991)	D 9-12	A 9-10	C 18	V 6	P 14
Planelles (1992)	D 9-10	A 9-10	C 8	V 6	P 14
Doadrio et al. (2002)	D 8-9(10)	A 8-9			

(D: Dorsal; A: Anal; C: Caudal; V: Ventrals; P: Pectorales; números romanos para radios duros y arábigos para blandos)



**Figura 2.2.** Escama de la línea lateral en la que se diferencia el orificio central de la misma.  
(Foto: F.J.Oliva)

La variabilidad morfológica existente entre poblaciones diferentes de la especie ha sido puesta de manifiesto en diferentes trabajos morfológicos (García-Berthou et al. 1989, Doadrio et al. 2002). En general, la línea lateral no está muy marcada, es visible únicamente por un punto que ocupa el centro de cada escama (Fig. 2.2). Como ya ha sido mencionado, el cuerpo está cubierto de escamas cicloideas grandes; según Lozano Cabo (1979) se presentan de 23 a 27 en la línea lateral, y según Doadrio (2002) aparecen de 20 a 26 en la línea longitudinal media. Ferrito et al. (2003) muestran un análisis sobre la microestructura de las escamas.

Las láminas branquiales son amplias, están provistas de branquispinas cortas y gruesas pero sin formar un filtro branquial (Lozano Cabo 1979). Presentan un esófago corto y un estómago relativamente voluminoso, que aparece como una mera dilatación de un tubo digestivo recto. No se ha observado la presencia de ciegos pilóricos. Presentan

una membrana peritoneal de color negro y un hígado voluminoso con el lóbulo izquierdo más desarrollado. La vejiga natatoria, bien desarrollada, carece de conducto neumático, y en el corazón resalta el gran volumen de la porción ventricular con el bulbo aórtico más pequeño (Lozano Cabo 1979). En lo referente a las gónadas, los machos presentan testículos laminares y alargados. Por el contrario, las hembras únicamente presentan un ovario, el del lado derecho (Lozano Cabo 1958).

Una característica común en la mayoría de Ciprinodóntidos es su marcado dimorfismo sexual (Parenti 1981, Tortonese 1986), rasgo que también está presente en *Aphanius iberus* (Doadrio 2002). Muchos han sido los autores que resaltan y describen el dimorfismo sexual de la especie en lo relativo al tamaño y color (Lozano Rey 1935, Lozano Cabo 1960 y 1979, De Sostoa 1983, Doadrio et al. 1991, entre otros). Las diferencias son tan marcadas que, en un principio, llevaron a clasificar machos y hembras como especies distintas.

Los machos son más estilizados y de menor tamaño que las hembras (Checa 1982), con un tamaño genérico entre 3 y 4 cm de longitud total, estando las hembras sobre los 5 cm (Doadrio 2002). No obstante, las diferencias más notables se muestran en la coloración. Los machos presentan una base parduzca en la zona dorsal, mientras que la zona ventral es plateada (Figs. 2.3 y 2.6). Sobre los flancos se distribuyen puntos y líneas transversales plateadas y azuladas que aumentan en intensidad hacia la zona posterior; en total presentan de 15 a 20 de estas líneas que no tienen porqué alcanzar los perfiles dorsal y ventral del cuerpo (Fig. 2.3) (Lozano Rey 1935, Lozano Cabo 1979, Doadrio 2002). En el periodo de cortejo la coloración se intensifica y aparecen

manchas amarillentas sobre los flancos y la zona ventral con una mayor o menor extensión según los individuos. La aleta caudal también posee de 3 a 5 líneas verticales negruzcas. A su vez, la aleta caudal de los machos es de mayor tamaño que en las hembras. El resto de aletas pueden estar ornamentadas con líneas y puntos azulados dispuestos longitudinalmente y alternando con manchas blancas (Figs. 2.3 y 2.4).

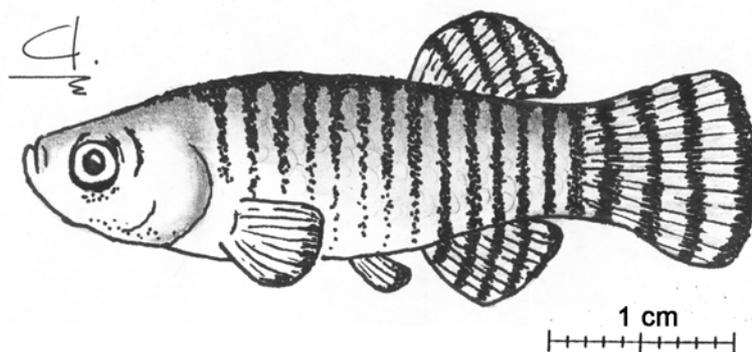


Figura 2.3. Macho adulto de *Aphantius iberus*. (Ilustración: A.I.Torres)

Las hembras presentan una coloración más críptica que los machos, con el dorso parduzco y la zona ventral plateada (Figs. 2.5 y 2.6). En lugar de las listas plateadas, en los flancos presentan unas manchas redondeadas de color pardo oscuro que se disponen, normalmente, en líneas longitudinales, más continuas en la región caudal (Figs. 2.4 y 2.5). En ocasiones, las hembras jóvenes presentan las manchas de la parte anterior del cuerpo dilatadas en sentido transversal. Las aletas (dorsal, caudal y anal) pueden presentar series transversales de manchas similares a las de los machos, pero menos numerosas y mucho menos marcadas.

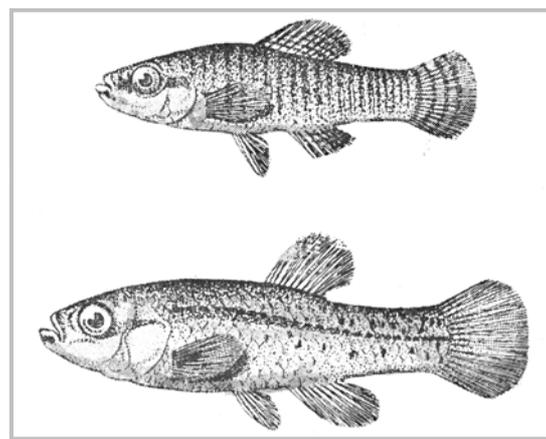


Figura 2.4. Macho y hembra adultos de *Aphantius iberus* según Lozano Rey. (Modificada de Lozano Cabo 1979)

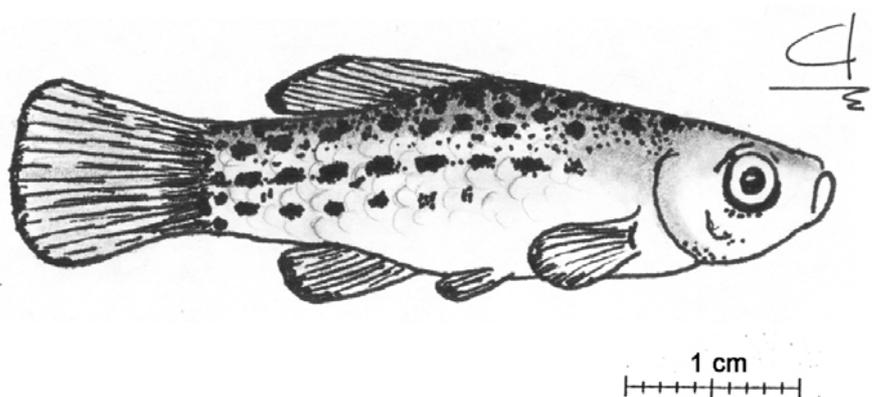
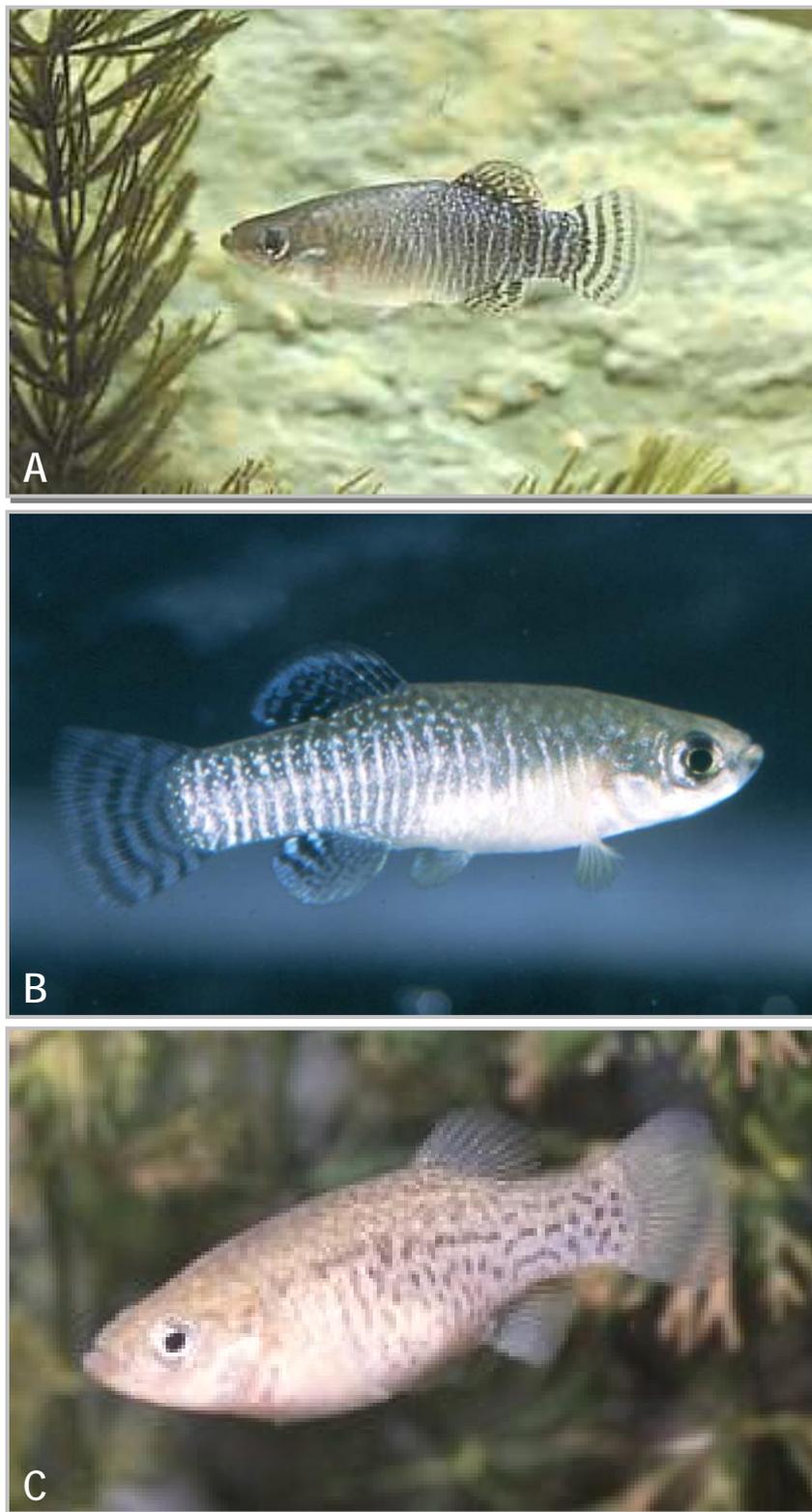


Figura 2.5. Hembra adulta de *Aphantius iberus*. (Ilustración: A.I.Torres)

Lo que se ha presentado en este epígrafe es una esquematización genérica de la anatomía y morfología de la especie, si bien se mencionará en otros epígrafes de esta memoria, que *Aphanius iberus* es una especie muy polimórfica (Oliva-Paterna et al. 2006), por lo que diseño, color y tamaño presentan una notable variación de unas poblaciones a otras (García-Berthou et al. 1989 y 1999).

**Figura 2.6.** Ejemplares de *Aphanius iberus* en los que se aprecia perfectamente la morfología y patrón de colorido característico de la especie. (A y B: machos; C: Hembra); (Fotos A y C: S.Peiró, Centro de Acuicultura Experimental, CAE); (Foto B: Carlos González Revelles)



### 3. Biología y Ecología.

En el presente epígrafe se incluyen aspectos genéricos sobre la especie sin considerar los datos y resultados obtenidos sobre las poblaciones objeto de la presente tesis doctoral.

#### *Edad y Crecimiento*

*Aphanius iberus* presenta unas escamas cicloideas grandes (para el tamaño de la especie), gruesas y subcuadrangulares o pentagonales (Ferrito et al. 2003). En la parte basal de la escama presentan una serie de 10 a 20 estrías, que parten del foco y terminan en el margen de la escama, dándole al mismo una estructura ondulada. Los anillos anuales de crecimiento (*annuli*) se forman al entrecruzarse los *circuli* entre sí, dando a veces la sensación de una profunda cicatriz concéntrica al foco de la escama (Fig. 2.7). No obstante, éstos se detectan por una marca en la parte oral de la escama (ver fotografías adicionales en García-Berthou & Moreno-Amich 1992).

Una característica genérica a todos los Ciprinodontiformes es que son especies poco longevas de ciclo corto (Nikolsky 1963). *Aphanius iberus* presenta una estructura por edades máxima de tres grupos (0+, 1+ y 2+) en las marismas del Alto Ampurdán (García-Berthou 1990, García-Berthou & Moreno-Amich 1992), presentando únicamente dos grupos (0+ y 1+) en el Delta del Ebro (Vargas & De Sostoa 1997). Las últimas clases de edad son prácticamente simbólicas, ya que son muy escasos los individuos que logran sobrevivir un segundo invierno (clase 2+), y poco abundantes los que sobreviven el primer invierno (clase 1+). De esta forma, la clase dominante en las poblaciones estudiadas hasta el momento es la 0+, cuyos individuos constituyen entre un 88% (Delta del Ebro) y un 95% (Alto Ampurdán) del total de la población (García-Berthou et al. 1999). Esta estructura por edades es típica de especies iteróparas que viven en hábitats inestables y se caracterizan por presentar crecimiento rápido, madurez temprana y elevado esfuerzo reproductivo (Fernández-Delgado 1987 y 1989).

La especie presenta una estacionalidad muy marcada en el crecimiento. Así, en el Delta del Ebro se aprecia un máximo en el crecimiento desde abril a septiembre y una paralización del mismo desde octubre a marzo (Vargas & De Sostoa 1997). Un modelo de crecimiento estacional similar fue observado por Fernández-Delgado et al. (1988) para *Aphanius baeticus*.

Existe una notable diferenciación sexual en el crecimiento. Las hembras no sólo poseen un periodo de crecimiento mayor, sino que su tasa de incremento es



**Figura 2.7.** Escama del flanco izquierdo de un espécimen macho en la que se diferencia un anillo de crecimiento.  
(Foto: F.J.Oliva)

muy superior (más de un 50%) a la de los machos. Todo ello hace que alcancen tallas máximas muy superiores a éstos, tal como se muestra en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3.** Longitudes totales máximas alcanzadas por machos y hembras de distintas poblaciones de *Aphanius iberus*.

<b>Población:</b>	<b>Machos</b>	<b>Hembras</b>
Murcia		
Lozano-Cabo (1960)	41mm	51 mm
Delta del Ebro		
De Sostoa (1983)	26 mm	35 mm
Marismas del Alto Ampurdán		
García-Berthou & Moreno-Amich (1992)*	48,8 mm	52,6 mm
Delta del Ebro		
Vargas (1993)	38 mm	45 mm

(\*) Estos datos corresponden a las longitudes totales obtenidas de la transformación de las longitudes estándar mediante la fórmula expuesta por los autores para esta población ( $LS = -0,7257 + 0,8118LT$ ).

### ***Condición Somática***

Durante periodos concretos, los peces son capaces de almacenar energía básicamente en hígado y músculo provocando incrementos de peso respecto a los teóricamente esperados. El *Factor de Condición* es un índice indirecto de medida del crecimiento ampliamente utilizado (Schreck & Moyle 1990) que evalúa estos incrementos. El esquema general que presenta el ciclo de condición en la población de *Aphanius iberus* estudiada en el Delta del Ebro (Vargas 1993, Vargas & De Sostoa 1997) comienza con un periodo estable de octubre/noviembre a febrero. A continuación, la condición aumenta progresivamente hasta alcanzar máximos en junio-agosto, en probable relación con el aumento de las temperaturas y la aparición de abundante alimento. Mediante otro tipo de indicadores, en García-Berthou et al. (1999) se muestra el ciclo de condición de otra de las poblaciones estudiadas.

### ***Proporción de Sexos y Dimorfismo Sexual***

La proporción de sexos varía mucho de unas poblaciones a otras. Así, en el Delta del Ebro se ha observado que dominan significativamente los machos sobre las hembras (Vargas & De Sostoa 1997). Es probable que la disparidad de resultados esté en relación, entre otros factores, con el tamaño de la muestra, el periodo de capturas y la talla de los ejemplares analizados, ya que también se ha observado la existencia de variaciones temporales de la relación entre sexos.

Ramírez et al. (1989) exponen una serie de valores sobre la relación entre sexos correspondientes a distintas poblaciones de la Región de Murcia. No obstante, resulta imposible determinar el grado de significación de los mismos debido a que no se muestran los tamaños poblacionales, en este sentido resulta difícil valorar dichos datos.



### Edad y Longitud de Primera Madurez

En la Tabla 2.4 se muestran las longitudes a la primera madurez (Longitud total) de machos y hembras en distintas localidades (De Sostoa 1983, De Sostoa 1984, Vargas 1993). Como puede observarse, los machos maduran a longitudes inferiores que las hembras, pero no hay que olvidar que las hembras alcanzan siempre tallas muy superiores (García-Berthou et al. 1999). Con los datos actuales no parece que existan grandes diferencias con las longitudes de primera madurez establecidas para *Aphanius baeticus* (Fernández-Delgado 1987, Fernández-Delgado et al. 1988).

**Tabla 2.4.** Longitud total a la primera madurez en machos y hembras de *Aphanius iberus* en el Delta del Ebro y *Aphanius baeticus* en las Marismas del Guadalquivir.

Población:	Machos		Hembras	
	Individuos (%)	Lt (mm)	Individuos (%)	Lt (mm)
Delta del Ebro				
De Sostoa (1983), De Sostoa (1984), Vargas (1993)	5	10-15	50	15-20
Marismas del Guadalquivir	82	15-20	100	20-25
Fernández-Delgado (1987)	>50	17-24	>50	23-28

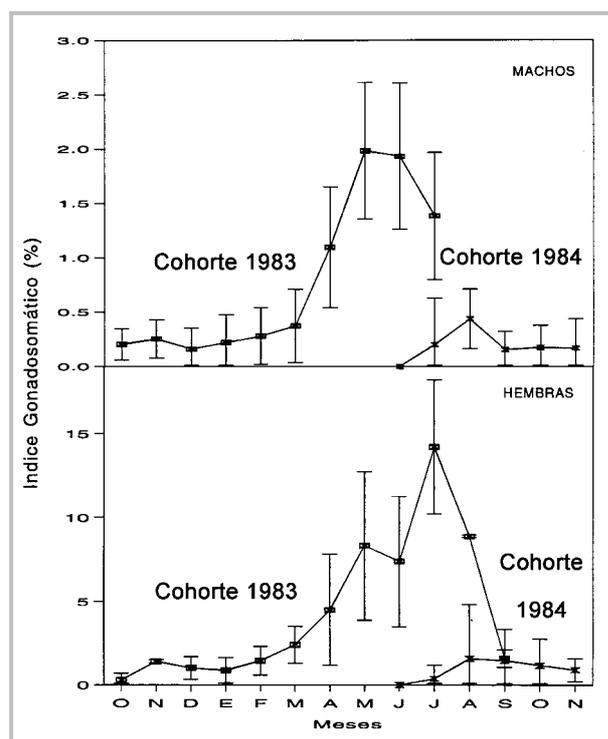
Lt: Longitud total de los individuos

### Desarrollo Gonadal

El desarrollo gonadal de la especie en las poblaciones estudiadas se ha analizado a través del estudio del Índice Gonadosomático (IGS). Éste es considerado un indicador tanto de la madurez sexual como de la actividad gonadal en peces (Nikolsky 1963). La evolución anual de este índice muestra el diferente desarrollo de las gónadas durante el ciclo reproductor, siendo así una medida del grado de madurez sexual (Crim & Glebe 1990), aunque no de la madurez ovocítica (Wootton 1998).

Las hembras desarrollan un mayor esfuerzo reproductivo que los machos. En éstas, el peso de la gónada llega a alcanzar el 14-15% del peso total del pez, mientras que en los machos alcanzan como máximo el 2% (Fig. 2.8) (Vargas 1993, Vargas & De Sostoa 1997).

En el ciclo gonadal establecido para ambos sexos en el Delta del Ebro se pueden definir tres fases (Vargas 1993, Vargas & De Sostoa 1997): periodo de quiescencia (octubre-enero), maduración (febrero-mayo) y reproducción (junio-septiembre). Obviamente, este ciclo únicamente se



**Figura 2.8.** Dinámica temporal del desarrollo gonadal de machos y hembras de *Aphanius iberus* en una población del Delta del Ebro. (Modificado de Vargas 1993)

detecta en los supervivientes al invierno, existe otro ciclo de desarrollo gonadal, mucho más complejo de analizar, en los ejemplares que son capaces de reproducirse a las 5-6 semanas de su nacimiento y que sucumben antes del invierno (Fernández-Delgado *com pers.*).

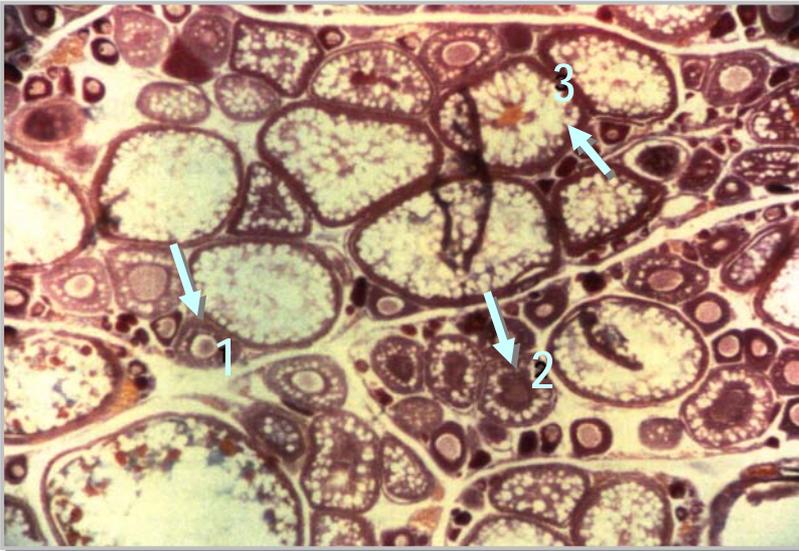
Cabe mencionar que en el Delta del Ebro se han observado los dos grandes episodios reproductivos, el primero constituido por la reproducción de la generación parental que ha sobrevivido al invierno, y el segundo debido a la reproducción de los nacidos dentro del mismo periodo de desove (aludidos en el párrafo anterior). Este segundo episodio reproductivo es, normalmente, de menor importancia que el primero (Vargas & De Sostoa 1997). Una dinámica similar ha sido constatada para *Aphanius baeticus* en las Marismas del Guadalquivir (Fernández-Delgado 1987, Fernández-Delgado et al. 1988).

En la Laguna de la Rubina (Alto Ampurdán) la maduración de la especie también es extremadamente temprana (García-Berthou & Moreno-Amich 1993 y 1999), con parte de los individuos que se reproducen a los pocos meses de edad. El periodo reproductor abarca desde finales de invierno hasta inicio del verano, aproximadamente de marzo a julio. La falta de rigidez temporal y larga extensión en el periodo reproductor parece claramente una estrategia de adaptación a ambientes esencialmente fluctuantes (García-Berthou & Moreno-Amich 1999).

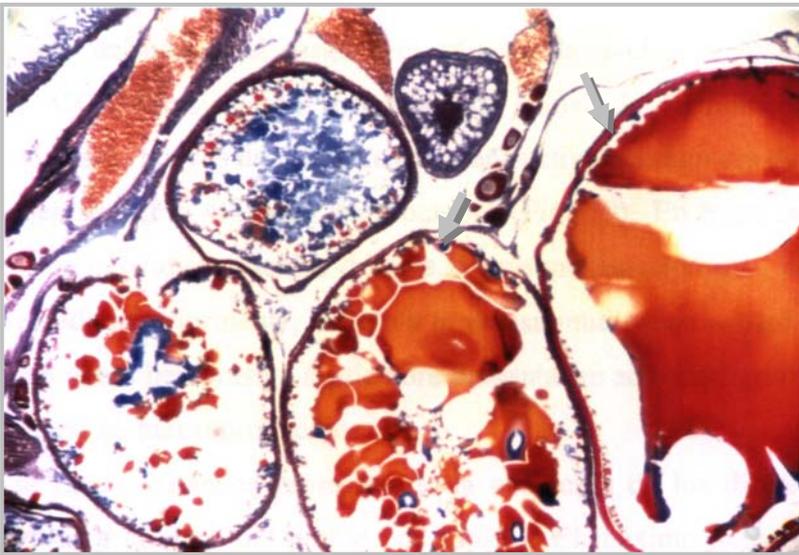
### ***Fecundidad***

En los estudios sobre el ciclo ovocitario de *Aphanius iberus* realizados hasta el momento (Vargas & De Sostoa 1997), se ha observado que las hembras presentan durante todo el año un elevado porcentaje de óvulos de diámetro pequeño, de aspecto translúcido y blando (óvulos transparentes;  $\varnothing = 0,1-0,4$  mm), que van a formar el *stock* de oocitos de reclutamiento. Cuando se inicia la actividad gonadal empiezan a formarse óvulos de diámetro superior, de color blanco y opaco (opacos;  $\varnothing = 0,4-0,8$  mm), que son los que se desarrollarán en la presente estación reproductora hasta oocitos maduros (color ámbar o naranja-dorados;  $\varnothing = 0,8-1,2$  mm). Los óvulos son expulsados a partir de 1,0 mm (Vargas 1993). Estos tres tipos de huevos coexisten en una gónada madura de *Aphanius iberus* (Vargas 1993) (Figs. 2.9 y 2.10), al igual que ha sido constatado en gónadas de *Aphanius baeticus* (Fernández-Delgado et al. 1988).

*Aphanius iberus* es un típico desovador parcial (Vargas & De Sostoa 1997). Al igual que *Aphanius baeticus* son capaces de realizar entre 10 y 30 puestas repartidas a lo largo del periodo reproductor (Fernández-Delgado et al. 1988, Fernández-Delgado & Álvarez 1995). Los óvulos muestran un desarrollo continuo y rápido en pequeños grupos, el número de los que llegan al tamaño de puesta es reducido y éstas son realizadas de manera escalonada. Por tanto, se trata de una especie que realiza puestas múltiples (Wootton 1998) a lo largo del ciclo reproductor.



**Figura 2.9.** Corte histológico de un ovario de *Aphanius iberus*, en el que se aprecian los oocitos en diferentes estadios de desarrollo (1: oocito de reclutamiento; 2: oocito en fase de maduración; 3: oocito maduro). (Modificado de Vargas 1993)



**Figura 2.10.** Detalle de un corte histológico de ovario de *Aphanius iberus*, en el que se distinguen con claridad los oocitos maduros de color ámbar. (Modificado de Vargas 1993)

Para desovar, la hembra normalmente utiliza la vegetación como sustrato para adherir los huevos. El macho se coloca al lado empujándola contra la vegetación (Fig. 2.11). Es en este momento cuando suelta de 2 a 5 huevos que son fecundados en el acto (Martínez & Cortés 1993). Aunque el periodo de incubación depende de la temperatura ambiental, la media oscila entre 10 y 18 días ([www.sekweb.org](http://www.sekweb.org)).

Como ya se ha indicado, a nivel poblacional existen dos fases en el periodo reproductor, una constituida por la reproducción de aquellos individuos que han superado el invierno y otra realizada por su prole. Dentro de cada



**Figura 2.11.** Pareja de *Aphanius iberus* realizando la ovoposición en acuario. ([www/mediterranea/org/cae](http://www/mediterranea/org/cae); Centro de Acuicultura Experimental, Valencia)

fase, se reproducen antes los individuos de mayor edad, aunque no existe una sincronía en el desove de la población, pues en un momento dado del periodo reproductor coexisten hembras en todas las fases de maduración gonadal (Vargas & De Sostoa 1997). Al igual que ocurre en *Aphanius baeticus* (Fernández-Delgado et al. 1988), la generación parental es más fecunda que la de sus hijos, si bien éstos poseen un tamaño ovular mayor. En general, se ha observado una relación positiva entre el tamaño del huevo y la supervivencia de la larva (Bagenal 1978); por tanto, este mayor tamaño ovular es una buena estrategia para la especie, pues los individuos nacidos en esta segunda fase reproductora tienen menos tiempo para crecer antes del invierno.

En la Tabla 2.5 se muestran los coeficientes de las regresiones entre la longitud total y el número de huevos intra-ováricos. Al ser un desovador parcial, el examen de las gónadas durante el periodo reproductor muestra un reclutamiento constante desde el *stock* de huevos inmaduros al de maduros (Vargas 1993). Este fenómeno hace que el cálculo de la fecundidad sea bastante inexacto (Fernández-Delgado 1987), y fruto de ello son las grandes diferencias encontradas en las poblaciones estudiadas hasta el momento. Así, por ejemplo, una hembra de 35 mm de longitud total puede desovar entre 52 y 451 huevos según la población (Tabla 2.5). Estudios de este tipo requieren muestreos poco espaciados en el tiempo durante el desove en la naturaleza (Fernández-Delgado et al. 1988), complementados con la observación y detección del número de puestas en cautividad.

**Tabla 2.5.** Valores de la regresión entre la longitud total de las hembras y el número de huevos en distintas poblaciones de *Aphanius iberus*. Se presenta el valor de la fecundidad según cada regresión para una hembra de longitud total (Lt) = 35 mm.

<b>Fecundidad = a Lt<sup>b</sup></b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>r</b>	<b>n</b>	<b>Lt = 35 mm</b>
De Sostoa (1983)	9,47 10 <sup>-11</sup>	7,77	0,796	50	94
De Sostoa (1984)	44,29 10 <sup>-2</sup>	1,95	0,429	78	451
Vargas & Sostoa (1997)	8,36 10 <sup>-9</sup>	6,34	0,795	55	52

### **Alimentación**

De acuerdo con Vargas (1993), en el Delta del Ebro, *Aphanius iberus* es una especie estenófaga con una dieta omnívora, presenta un nicho trófico estrecho con cuatro tipos de recursos principales: Harpacticídeos, Aóridos, Quironómidos y estructuras de origen no animal (materia vegetal y detritus). Los copépodos harpacticídeos se pueden considerar como las presas principales (58 % de la abundancia en la dieta total), mientras que los anfípodos aóridos constituirían las presas secundarias (15 % de la abundancia en la dieta total). En conjunto, se presenta una preferencia trófica de la especie por microcrustáceos, en comparación con los insectos que únicamente representan un 15 % de la dieta (Vargas & De Sostoa 1999).



En un estudio reciente sobre la dieta de la especie realizado en las Marismas del Bajo Ampurdán (Alcaraz & García-Berthou 2006), la especie también ha mostrado una dieta omnívora y dominada por Harpacticídeos, larvas de Copépodos y detritus. Si bien, se ha comprobado que la dieta varía entre hábitats dependiendo de la disponibilidad de presas. Aunque la dieta bentófaga había sido descrita para la especie en el Delta del Ebro (Vargas & De Sostoa 1999) y en estudios experimentales sobre interacción con otros peces (Rincón et al. 2002, Caiola & De Sostoa 2005, Caiola 2006), la población estudiada en el Bajo Ampurdán (Alcaraz & García-Berthou 2006) muestra selección por presas presentes en la columna de agua, tanto en ambientes de inundación no permanente, como en zonas permanentes con abundante vegetación acuática. En este mismo estudio se han detectado cambios ontogénicos en la dieta, la especie incrementa el tamaño de captura con el crecimiento, y los ejemplares de mayor tamaño muestran una mayor selección por organismos bentónicos de mayor tamaño.

Por otro lado, la dieta detectada en el Delta del Ebro presenta una variación estacional significativa (Vargas 1993, Vargas & De Sostoa 1999). Los copépodos harpacticídeos son ingeridos principalmente en primavera; los anfípodos aóridos (segundo componente en importancia total) están presentes a lo largo de todo el año; los quironómidos adultos son depredados principalmente en verano, mientras que sus larvas predominan en los estómagos de otoño; en invierno, la especie ingiere menos presas animales y más estructuras de origen vegetal junto con detritus. Estos cambios estacionales detectados en la dieta reflejan las típicas fluctuaciones en la disponibilidad de recursos correlacionadas con las características limnológicas. En el Delta del Ebro, la dieta guarda relación directa con el manejo de los canales de irrigación, reduciendo o aumentando su nicho trófico en función de la disponibilidad de presas en el medio (Vargas & De Sostoa 1999).

En general, la dieta de la especie es similar a otras especies del género *Aphanius*, aunque especies como *Aphanius dispar* y *Aphanius mento* muestran una dieta más herbívora (Al-Daham et al. 1977, Hass 1982, Al-Akel et al. 1987). A su vez, en estudios experimentales de interacción con especies como *Valencia hispanica* y *Gambusia holbrooki*, la especie ha mostrado niveles intermedios de voracidad y saciedad (Caiola & De Sostoa 2005, Caiola 2006), y los individuos jóvenes de la misma han mostrado decrementos en la tasa de alimentación en presencia de ejemplares de *Gambusia holbrooki* (Rincón et al. 2002).

### **Hábitat**

*Aphanius iberus* es una especie poco exigente en cuanto a requerimientos del hábitat, con un bajo nivel de exigencia respecto a los factores que más suelen afectar la vida de los peces: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, etc (Gómez 1997). Sin embargo, muestra predilección por cuerpos de agua

estancados o de curso lento de elevada dureza, ligera alcalinidad y abundante vegetación sumergida (Vargas 1993).

La eurihalinidad es una de las características más notorias de la especie (Mas 1981, García-Berthou & Moreno-Amich 1999, Oltra & Todolí 2000), llegando a habitar todo el rango de aguas desde las completamente dulces hasta las hipersalinas. Además, presenta una gran capacidad de adaptación a los cambios bruscos de salinidad, porcentajes variables de ejemplares capturados en aguas de 50-60 ‰ de salinidad toleran el cambio brusco a aguas completamente dulces (Datos inéditos).

Para Sanz-Brau (1985) la salinidad media letal de la especie es del 143 ‰. Este dato coincide con las observaciones de campo realizadas dentro del Plan de Recuperación de las especies del género en Andalucía, donde los cuerpos de agua por encima de 150 ‰ siempre contenían individuos muertos (Fernández-Delgado *com pers.*). Al igual que otros géneros circunmediterráneos, es evidente que la salinidad ha tenido un papel fundamental en la evolución de las especies de *Aphanius* (Villwock 1970), además, su acusada eurihalinidad debe tener consecuencias importantes en el uso del hábitat (García-Berthou & Moreno-Amich 1999, Moreno-Amich et al. 1999b). La reproducción de la especie a diferentes salinidades ha sido constatada por Oltra & Todolí (2000).



Figura 2.12. Canales en el área de la antigua Laguna de Villena, Alicante. (Foto: F.J.Oliva)

Doadrio et al. (1992) describen para el fartet tres hábitats bien diferenciados: el primero lo componen lagunas litorales y marjales, con acequias y canales de riego, que se extienden desde las Marismas del Ampurdán hasta El Grao de Castellón, y la Albufera de Adra. El segundo compuesto por salinas y ríos de salinidad elevada que se extienden desde Santa Pola hasta las salinas del Mar Menor. El tercero, de carácter endorreico, está formado por los canales de la antigua laguna de Villena (Fig. 2.12).

Gracias a la capacidad de vivir en ambientes muy dispares (Doadrio 2002), la especie va paliando el efecto gradual de la destrucción de sus hábitats mediante la ocupación de masas de aguas artificiales, como canales, acequias y evaporadores de las salinas (De Sostoa et al. 1990, Oliva-Paterna et al. 2006). En este sentido, también debe destacarse las notables fluctuaciones (flexibilidad espacial) que puede presentar la extensión de hábitat ocupado por la especie (García-Berthou & Moreno-Amich 1999).

La especie ha sido clasificada como sedentaria y estuarina por De Sostoa et al. (1990). Estos son peces adaptados a vivir en hábitats con densa vegetación acuática, fondos blandos, baja concentración de oxígeno (Balon 1975) y corriente lenta (Lozano Cabo 1958). En la Figura 2.13 se presenta una imagen de uno de los ambientes presentes en la Región de Murcia con las características de hábitat aludidas.



No obstante, en lo referente a la tipología de hábitat que ocupa la especie en la Región de Murcia, según Ramírez et al. (1989) los diferentes núcleos poblacionales se localizan sobre tres tipos de hábitats: (I) Sistemas de charcas y canales en salinas abandonadas con comunicaciones esporádicas con el Mar Menor, (II) Zonas someras del propio Mar Menor próximas al sistema de charcas y (III) Humedales con salinas sometidas a explotación tradicional. Una profundización sobre las tipologías de hábitat ocupadas por la especie en el Mar Menor y su entorno se expone en la presente tesis doctoral.

### ***Etología***

Varias de las observaciones del comportamiento de la especie están referidas a individuos en cautividad y a facetas relativas a la lucha entre machos y el cortejo (Martínez & Cortés 1993, Sáez 2004). A su vez, en estudios experimentales centrados en el análisis de la interacción con otros peces (Rincón et al. 2002, Caiola & De Sostoa 2005, Caiola 2006), se han determinado algunos patrones característicos de la especie, como la preferencia por una posición próxima al sustrato.

A modo de ejemplo, Cid (1979) describe el cortejo que empieza con el macho que excita a la hembra golpeándola con la cabeza en el flanco, la hembra dobla la mitad posterior del cuerpo formando un hueco donde se aloja el macho. Éste envuelve con su aleta anal el orificio genital de su compañera presionándola contra su flanco, entonces la hembra expulsa los huevos que son fecundados de inmediato

### ***Acuariología***

Los Killis o Ciprinodóntidos ovíparos desatan un elevado interés en el campo de la Acuariología. Existen asociaciones de carácter nacional, exclusivas de este grupo de peces, en numerosos países. La *Sociedad Española de Killis* (SEK) (antiguamente *Sociedad Española de Ciprinodóntidos*, SEC) es la primera Asociación acuariófila especializada en España, a su vez participa en proyectos de conservación y divulgación exclusiva sobre este grupo de peces ([www.sekweb/org](http://www.sekweb/org)) (Fig. 2.14).

*Aphanius iberus* representa el único pez ibérico presente en listas de importación relacionadas con acuariología de países como Singapur y Holanda (Martínez & Cortés 1993). Sin embargo, en España es una especie a la que no se le ha prestado mucha atención desde esta perspectiva acuariófila. Recientemente, la SEK ha empezado a mostrar un mayor interés por aspectos conservacionistas relacionados con la especie ([www.sekweb/org](http://www.sekweb/org)).



**Figura 2.13.** La Encañizada (Mar Menor). Zonas salobres someras con abundante vegetación acuática y sustratos blandos; hábitat óptimo para la presencia de *Aphanius iberus*. (Foto: F.J.Oliva)



**Figura 2.14.** Logotipo de la Sociedad Española de Killis (SEK). (Modificado de [www.sekweb/org](http://www.sekweb/org))

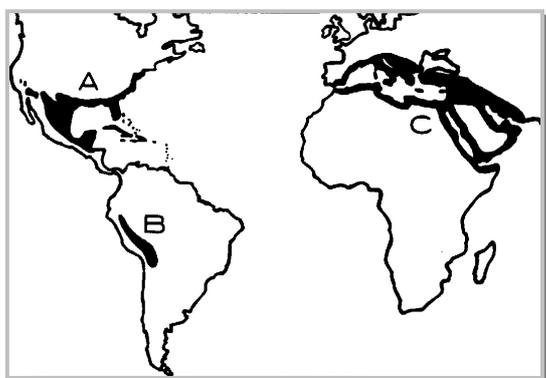
### ***Enfermedades, Parasitología y Toxicología***

Respecto a la incidencia parasitaria, cuatro son los taxones aislados (de individuos en cautividad) que utilizan a la especie como hospedadora: un hongo (*Saprolegmia parasitica*), dos especies de protozoos ciliados (*Ichthyophthirius multifiliis* y *Trichodina* sp.) y un crustáceo copépodo (*Lernaea cyprinacea*) (Campos et al. 1999a). Estas especies son parásitos de ciclo directo que no necesitan de hospedadores intermediarios para dar lugar a los individuos infestantes. A su vez, las enfermedades que estas especies provocan son (en el mismo orden que las especies): Saprolegniosis (enfermedad algodonosa); Ichthyophthiriosis (punto blanco); Trichodinosis (opacidad de la piel) y Lerneosis. La diagnosis, profilaxis y tratamiento enfocado a ejemplares en cautividad, queda expuesto con detalle en Campos et al. (1999b).

Cabe mencionar que ha sido constatada en la especie una alta mortalidad en laboratorio provocada por infección bacteriana de *Vibrio parahaemolyticus* (Alcaide et al. 1999), y que también se han observado lesiones en tubérculos internos provocadas por infecciones de *Mycobacterium* (Gómez 2001).

Únicamente se ha podido detectar un trabajo que aporte datos sobre la toxicidad y bioacumulación de pesticidas por parte de la especie. Varó et al. (2000) muestran los primeros datos referentes a la acumulación de pesticidas organofosforados (OPs) en *Aphanius iberus*. Mediante estudios de laboratorio han podido observar como la sensibilidad de la especie a estos compuestos es mucho más elevada que la de otras especies de peces, el caso de *Gambusia holbrooki*, e incluso más elevada que la de invertebrados como *Artemia parthenogenetica*.

### **4. Origen, Zoogeografía y Distribución del género *Aphanius* Nardo, 1827.**



**Figura 2.15.** Distribución de los grupos que conforman la familia Cyprinodontidae (*sensu* Parenti 1981): (A) Géneros caribeños; (B) Orestias; y (C) Géneros mediterráneos y arábigos. (Modificado de Parker & Kornfield 1995)

Como ya se ha mencionado, el género *Aphanius* se encuentra inmerso en el Orden Cyprinodontiformes (Parenti 1981). Este orden está compuesto por un grupo numeroso de especies de pequeño tamaño, alrededor de 900 especies en 115 géneros (Parker & Kornfield 1995) [850 especies y 110 géneros *sensu* Costa (1998)]. Todas estas especies, propias de climas templados y tropicales, son capaces de colonizar desde los ambientes hipersalinos a las aguas dulces (Costa 1997).

El taxon Cyprinodontidae, con un origen evolutivo claro según Parenti (1981), estaría conformado por tres grandes grupos: Ciprinodóntidos del Nuevo Mundo junto con un grupo de géneros con distribución caribeña; otro



formado por los representantes del género *Orestias* Valenciennes, 1839, de distribución andina; por último, los Ciprinodóntidos del Viejo Mundo, conformado por los géneros de distribución mediterránea y arábiga (Fig. 2.15).

El género *Aphanius* Nardo, 1827, con aproximadamente 30 especies descritas (*sensu* Lazara 1979), se distribuye exclusivamente por el Viejo Mundo (Parenti 1981). Sus especies se presentan en el Área Circunmediterránea, Oriente Próximo y Medio hasta Pakistán, y Somalia (Villwock 1970, 1982 y 1999, Scholl et al. 1978, Villwock & Scholl 1982, Kessel et al. 1985a y 1985b, Coad 1988 y 2000, Moreno-Amich et al. 1999a).

A pesar de la alusión de 30 especies pertenecientes al género, y de la existencia de un gran número de trabajos (experimentos de cruzamiento, análisis morfológicos y genéticos) encaminados a clarificar el estatus taxonómico de determinadas especies y sus relaciones evolutivas (Villwock 1970 y 1982, Scholl et al. 1978, Coad 1980, 1988 y 2000, Villwock & Scholl 1982, Villwock et al. 1983, entre otros), el número de taxones que constituyen el género no está definido totalmente en la actualidad (Fernández-Pedrosa 1997). Existe un gran número de poblaciones, principalmente en Anatolia y Oriente Medio, que son reconocidas como especies, como subespecies o únicamente como poblaciones en proceso de especiación (Villwock 1982, Balik 1995, Giovanni et al. 1995, Wildekamp et al. 1999, Coad 2000, Hrbek & Meyer 2003). A modo de ejemplo, muy recientemente ha sido descrita una nueva especie que habita en el noroeste de Argelia: *Aphanius saourensis* Blanco, Hrbek & Doadrio, 2006 (Blanco et al. 2006).

La distribución actual del género, fragmentada en múltiples y aisladas poblaciones, parece indicar que la diversificación del género debió verse notablemente afectada por los eventos orogénicos inmersos en el proceso de desaparición del Tethys (Glaubrecht 1996, Villwock 1999, Hrbek & Meyer 2003). Debido al carácter eurihalino de las especies de este género, estos peces pudieron dispersarse por el Mediterráneo durante la crisis de salinidad del Mesiniense (hace 5 m.a.) (= *Crisis salobre mediterranea* en Parenti 1981), cuando éste quedó formado por lagunas saladas (Blanco 1988). En la Figura 2.16 se presenta la distribución de 14 especies del género *Aphanius* y de dos especies del género *Valencia* presentes en el área circunmediterránea y arábiga (*sensu* Fernández-Pedrosa 1997), si bien, hay que mencionar la ausencia en ésta de especies de reciente descripción (ejemplos: *Aphanius baeticus* y *Aphanius saourensis*).

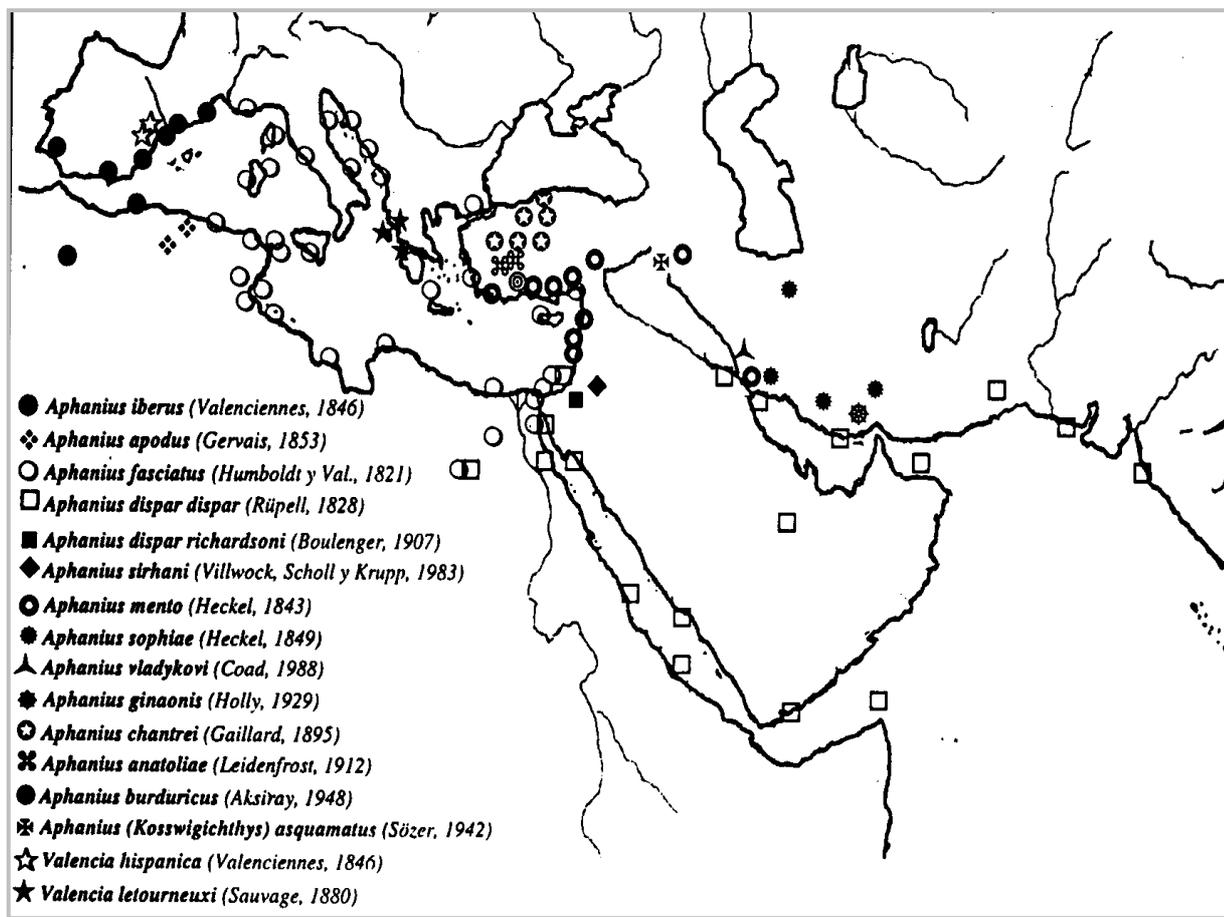


Figura 2.16. Distribución de varias especies de los géneros *Aphanius* y *Valencia* presentes en el área circunmediterránea y árabe. (Modificado de Fernández-Pedrosa 1997)

A pesar de la alta especiación del grupo que parece caracterizar a la *Crisis salobre mediterránea*, de acuerdo con los datos presentados por Hrbek & Meyer (2003), la división más antigua dentro del género correspondería a una separación entre los géneros con distribución oriental y occidental (géneros orientales y occidentales en la Figura 2.17), estimada hace  $37,34 \pm 6,99$  m.a. Consecuentemente, esta separación se habría producido en un periodo anterior a la crisis aludida. Finalmente, con la era de desaparición del Tethys, el periodo de aislamiento entre estos grupos fue notable y definitivo.

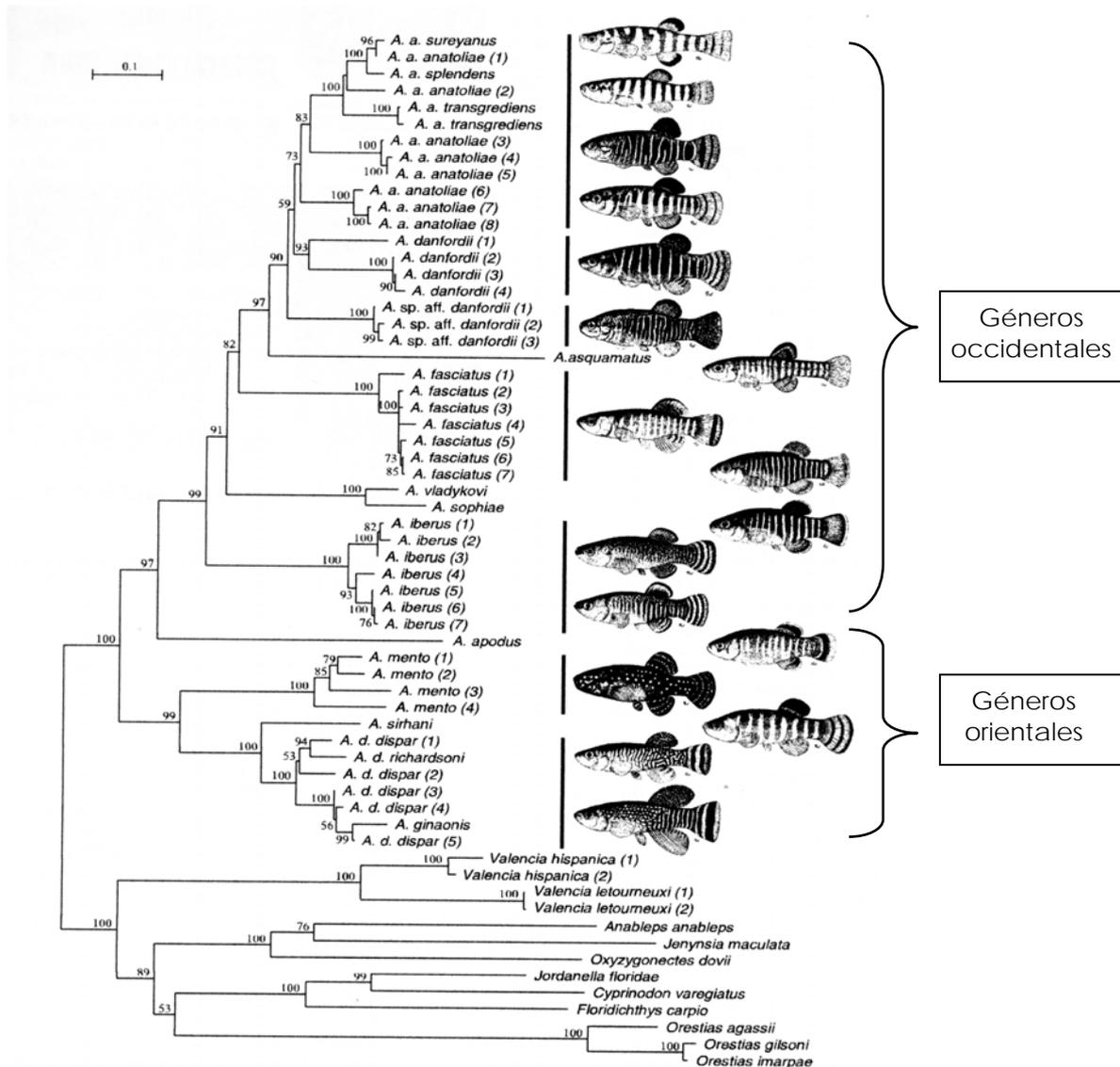


Figura 2.17. Patrón evolutivo del género *Aphanius* estimado a través de relaciones filogenéticas; Valores *bootstrap* basados en 2000 réplicas. (Modificado de Hrbek & Meyer 2003)

## El género *Aphanius* en la Península Ibérica

Los primeros fósiles registrados en la Península Ibérica, pertenecientes a las especies *Aphanius crassicaudatus* y *Aphanius illunensis*, se presentan en materiales de las últimas etapas del Mioceno (Gaudant 1982 y 1993). Los últimos trabajos apuntan a una posible aparición desde el norte de África de los antecesores de *Aphanius* en la Península (Hrbek & Meyer 2003). Esta hipótesis de aparición en la Península parece estar apoyada por datos filogenéticos pertenecientes a otras familias presentes en la Península, como es el caso de los Ciprínidos (Zardoya & Doadrio 1998 y 1999).

No obstante, el salto filogenético existente entre las poblaciones atlánticas y

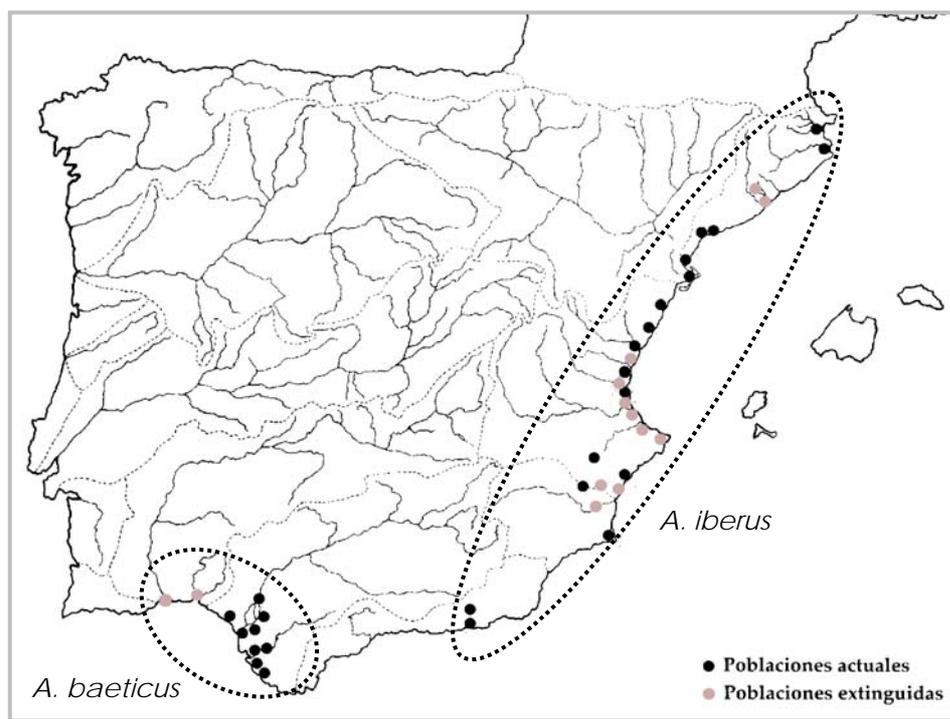
mediterráneas del género es notable. Doadrio et al. (1996) y Perdices et al. (2001) suponen que la separación entre las poblaciones atlánticas (*Aphanius baeticus*) y mediterráneas (*Aphanius iberus*) se dio durante la desecación del Mediterráneo, la cual data de hace unos 5 m.a. (Rögl & Steininger 1983). Este modelo de divergencia entre las poblaciones peninsulares de *Aphanius* coincide con las áreas biogeográficas descritas para la fauna íctica de agua dulce (Doadrio 1988) y temporalmente con los datos filogenéticos expuestos por Hrbek & Meyer (2003) ( $4,72 \pm 0,10$  m.a. de divergencia). Durante la *Crisis salobre mediterránea* la presencia de cuatro grandes golfos en la costa mediterránea, que actuaron a modo de reservas de agua, fue probablemente lo que propició la existencia de la especie. Estas áreas se localizaban en Cataluña, Levante, Murcia y el estuario del Guadalquivir. El aislamiento entre dichas áreas durante este periodo pudo producir una diferenciación entre poblaciones. Después de ese periodo las poblaciones mediterráneas volvieron a tener cierta comunicación, mientras que la atlántica quedó aislada del resto (Doadrio et al. 1996).

La única población interior reflejada en la bibliografía de la Península Ibérica (Villena), presenta una distancia genética con sus poblaciones costeras más cercanas que corresponde con un periodo de separación de 450.000 años. Esto está en concordancia con la transgresión marina Siciliana, producida en ese periodo, y donde el nivel del mar subió entre 80 y 100 m. Durante ese periodo las poblaciones costeras pudieron estar en contacto con el área endorreica de Villena (Doadrio et al. 1996).

Como ya ha sido mencionado, actualmente la especie presenta un área de distribución restringida a la Península. No obstante, el área de distribución histórica para esta especie abarcaba desde el sur de Francia (Arnoult 1957), por todo el este y sureste peninsular hasta la provincia de Almería, probablemente en grupos poblacionales aislados. También se incluían en las referencias sobre su presencia los enclaves del litoral atlántico con presencia actual de *Aphanius baeticus* (Fernández-Delgado et al. 2000, Doadrio et al. 2002). Además, se conocen citas de la especie en algunas localidades del norte de África (Pellegrin 1921, Villwock 1970).

Actualmente, la especie es considerada un endemismo de la Península Ibérica. Por un lado, se conoce la extinción de la especie en Francia (Van der Zee & Van Kessel 1988, Changeux & Pont, 1995) que, además, Keith et al. (1992) interpretaron como una introducción no exitosa. Por otra parte, experimentos de cruzamiento y electroforesis de proteínas (Villwock & Scholl 1982) han revelado una posición taxonómica incierta para algunas de las poblaciones citadas en el norte de África, aspecto al que debe añadirse la descripción de *Aphanius saourensis* antes aludida (Blanco et al. 2006).

En la Figura 2.18 se detallan las localidades donde se han citado poblaciones de alguna de las dos especies del género presentes en la Península Ibérica (Moreno-Amich et al. 1999).



**Figura 2.18.** Distribución geográfica del género *Aphanis* en la Península Ibérica. Situación de localidades con poblaciones presentes en la actualidad y localidades con poblaciones extintas. (Modificado de Moreno-Amich et al. 1999)

En varios de los trabajos ya referenciados en esta revisión (Mas 1981, Moreno-Amich et al. 1999, Doadrio 2002, Oliva-Paterna et al. 2006, entre otros), destacan la regresión que, en las últimas décadas, han sufrido las poblaciones de esta especie, que ya en los años sesenta se hizo patente (Vidal-Celma 1963). Sin embargo, la imprecisión que se puede encontrar en muchos de estos trabajos es grande, por lo que determinar con exactitud la magnitud de la regresión que ha sufrido es una tarea complicada. No obstante, teniendo en cuenta la distribución actual y conociendo las características del hábitat que ocupa, se sospecha que el área de distribución nativa debió ser considerablemente más amplia (Fernández-Pedrosa 1997).

En lo relativo a la Región de Murcia, la distribución histórica del fartet incluía dos núcleos poblacionales, uno interior ubicado sobre los canales de riego de la Huerta murciana dentro de la cuenca del río Segura (De Buen 1935, Lozano Rey 1935, Mas 1986) y otro litoral en la laguna costera conocida como Mar Menor (De Buen 1935, Lozano Rey 1935, Lozano Cabo 1954, 1958, 1960 y 1979, Ludovicus 1966, Mas 1981, Ramírez et al. 1989, Mas et al. 1994). Fuera de estas dos zonas no existen datos sobre la presencia de la especie, si bien la escasez de muestreos específicos centrados en el componente ictiofaunístico hasta la última década (Torralva & Oliva-Paterna 2003), provoca que no se pueda

concluir sobre una ausencia real de la misma en zonas externas a las referencias históricas.

La situación actual en la Región de Murcia descrita en la bibliografía refleja lo acontecido en otras zonas de la Península, una profunda regresión de la especie en toda su área de distribución (Torralva et al. 1999a). Si bien, como objeto de la presente tesis doctoral en el capítulo 4 de la memoria se refleja con exactitud la distribución actual de la especie en esta Región.

## 5. Variabilidad genética en *Aphanius iberus*: Aproximación.

En las poblaciones de *Aphanius iberus*, los niveles de variabilidad genética, cuantificados como la proporción de loci polimórficos (P) y la proporción media de individuos heterocigotos por locus (H), presentan valores parecidos a los obtenidos en otras especies de peces (García-Marín & Pla 1997). Hay que destacar su semejanza con otras especies próximas aparentemente como *Aphanius fasciatus* o *Fundulus heteroclitus* (Tabla 2.6).

**Tabla 2.6.** Niveles de variabilidad genética en poblaciones de *Aphanius iberus* y de especies de géneros próximos filogenéticamente (Modificado de García-Marín & Pla 1997). *L*: Número de loci analizados; *P*: Proporción de loci polimórficos; *H*: Heterocigosis media por locus.

Especie	Origen	<i>L</i>	<i>P</i>	<i>H</i>
<i>Aphanius iberus</i>	España	22-28	0,09-0,54	0,039-0,109
<i>Aphanius fasciatus</i>	Italia	24-25	0,12-0,28	0,049-0,085
<i>Aphanius dispar</i>	Siria	19	----	0,024-0,063
<i>Valencia hispanica</i>	España	25	0,32-0,48	0,100-0,138
<i>Valencia letourneuxi</i>	Grecia	25	0,16	0,040
<i>Cyprinodon macularis</i>	USA	38-39	0,10-0,26	0,037-0,053
<i>Cyprinodon bovinus</i>	USA	30	0,11-0,18	0,036-0,053
<i>Cyprinodon elegans</i>	USA	30	0,07-0,21	0,028-0,061
<i>Cyprinodon pecosensis</i>	USA	28	0,04-0,14	0,012-0,031
<i>Cyprinodon tularosa</i>	USA	28	0,04-0,07	0,012-0,037
<i>Fundulus heteroclitus</i>	USA	25	0,40-0,56	0,133-0,180

Los resultados obtenidos en estudios genéticos realizados sobre los patrones electroforéticos de la especie por Scholl et al. (1978), Moreno-Amich et al. (1988), García-Berthou et al. (1989) y García-Marín et al. (1990) contrastan con los efectuados por Doadrio et al. (1996). Para el primer grupo de investigadores, *Aphanius iberus* presenta bajos niveles de diversidad genética entre localidades dentro de un mismo área de distribución, mientras que existen altos niveles de variabilidad genética entre poblaciones de diferentes áreas. Sin embargo, para el segundo grupo de autores, los niveles de polimorfismo y heterocigosis son muy elevados tanto entre poblaciones como dentro de cada una de ellas,

coincidiendo, en este sentido, con los resultados obtenidos por Fernández-Pedrosa et al. (1995) con ADN mitocondrial de la especie.

Doadrio et al. (1996), analizando los patrones electroforéticos de doce poblaciones de *Aphanius iberus*, diferencian cinco áreas biogeográficas en la Península: (i) Área catalana, compuesta por las poblaciones del Ampurdán y Salou; (ii) Área levantina, formada por las poblaciones del Delta del Ebro y de la Albufera de Valencia; (iii) Área salinera compuesta por las poblaciones que se extienden entre las salinas de Santa Pola y las del Mar Menor; (iv) Área atlántica en la que se incluyen las poblaciones de Doñana y de las marismas de Lebrija; (v) Villena como un área diferenciada por sus características genéticas y su aislamiento geográfico. Perdices et al. (2001) profundizan, mediante análisis de ADN nuclear y mitocondrial, tanto en las divergencias moleculares como en las relaciones filogenéticas de las poblaciones ibéricas de la especie. En este trabajo se expone la existencia de dos líneas evolutivas diferenciadas, poblaciones Atlánticas y Mediterráneas, estableciendo las bases para la posterior diferenciación como especie propia (*Aphanius baeticus*) de las poblaciones Atlánticas del género (Doadrio et al. 2002).

En general, los resultados obtenidos en estudios realizados sobre la diversidad intraespecífica de la especie (Scholl et al. 1978, Moreno-Amich et al. 1988, García-Berthou et al. 1989, García-Marín et al. 1990, Fernández-Pedrosa et al. 1995, Doadrio et al. 1996, Fernández-Pedrosa 1997, Perdices et al. 2001) nos indican que el conjunto de localidades no puede ser considerado como una única unidad, sino que existe una cierta subdivisión en distintas poblaciones biológicas, evolutivamente diferenciadas, y que presentan un cierto grado de aislamiento. La aplicación en biología de la conservación de estos conocimientos y un análisis más detallado sobre la variabilidad genética de la especie en la Región de Murcia, son aspectos presentados en el Capítulo 5 de la presente memoria de tesis.

## **Referencias Bibliográficas**

- Al-Akel AS, MJK Shamsi & HF Al-Kahem. 1987.** Selective feeding behaviour of the Arabian freshwater fish, *Aphanius dispar*. *Pakistan Journal of Zoology* 19: 211-215.
- Al-Daham NK, MF Huq & KP Sharma. 1977.** Notes on the ecology of fishes of genus *Aphanius* and *Gambusia affinis* in Southern Iraq. *Freshwater Biology* 7: 245-251.
- Alcaide E, C Amaro, R Todolí & R Oltra. 1999.** Isolation and characterization of *Vibrio parahaemolyticus* causing infection in Iberian toothcarp *Aphanius iberus*. *Diseases in Aquatic Organisms* 35(1): 77-80.
- Alcaraz C & E García-Berthou. 2006.** Food of an endangered cyprinodont (*Aphanius iberus*): ontogenic diet shift and prey selectivity. *Environmental Biology of Fishes*. Aceptado en prensa.
- Arnolt J. 1957.** Sur quelques poissons rares et peu connus des eaux douces de France. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle* 6: 464-466

- Bagenal T (Ed). 1978.** *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Blackwell Scientific Publications. Londres.
- Balik S. 1995.** Freshwater fish in Anatolia, Turkey. *Biological Conservation* 72: 213-223.
- Balon EK. 1975.** Reproductive guilds of fishes: a proposal and definition. *Journal of Fisheries Resources on Board Canada* 32 (6): 821-864.
- Bianco PG. 1988.** The freshwater fishes of Italy: remarks to a recent contribution. *Tai di Societa itaiana di Sentia Naturale. Museo civico di Storia Naturale di Milano*, 129 (2/3): 146-158.
- Blanco JL, T Hrbek & I Doadrio. 2006.** A new species of the genus *Aphanius* (Nardo, 1832) (Actinopterygii, Cyprinodontidae) from Algeria. *Zootaxa* 1158: 39-53.
- Caiola N. 2006.** *Towards the Conservation of Iberian Cyprinodontiforms Fishes: Ecological Strategy and Competition with the Introduced Eastern Mosquitofish*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona. Barcelona.
- Caiola N & A De Sostoa. 2005.** Possible reasons for the decline of two native toothcarps in the Iberian Peninsula: evidence of competition with the introduced Eastern mosquitofish. *Journal of Applied Ichthyology* 21: 358-363.
- Campos A, P Risueño & M Planelles. 1999a.** Agentes patógenos parasitarios del Samaruc (*Valencia hispanica*) y del Fartet (*Lebias iberica*) en instalaciones de cría en cautividad. En: *Peces Ciprinodóntidos Ibéricos: Fartet y Samaruc. Monografía*. Planelles M (Coord). Generalitat Valenciana. Valencia.
- Campos A, P Risueño & M Planelles. 1999b.** Efectos patógenos producidos por parásitos en *Valencia hispanica* y *Lebias iberica* (Pisces: Cyprinodontidae) durante su cría en cautividad. En: *Peces Ciprinodóntidos Ibéricos: Fartet y Samaruc. Monografía*. Planelles M (Coord). Generalitat Valenciana.
- Changeux F & C Pont. 1995.** Current status of the riverine fishes of the french mediterranean basin. *Biological Conservation*, 72: 137-158.
- Checa L. 1982.** Los Killies Españoles. *Vida Acuática* 35: 321-323.
- Cid JM. 1979.** Nuestras especies: notas sobre los ciprinodóntidos españoles, *Aphanius iberus* y *Valencia hispanica*. *Boletín de la Asociación Española de Ciprinodóntidos* 3: 17-21.
- Coad BW. 1980.** A re-description of *Aphanius ginaonis* (Holly, 1929) from southern Iran (Osteichthyes: Cyprinodontiformes). *Journal of Natural History* 14: 33-40.
- Coad BW. 1988.** *Aphanius vladkovi*, a new species of tooth-carp from the Zagros Mountains of Iran (Osteichthyes: Cyprinodontidae). *Environmental Biology of Fishes* 23(1-2): 115-125
- Coad BW. 2000.** Distribution of *Aphanius* species in Iran. *Journal of the American Killifish Association* 33: 183-191.
- Costa WJEM. 1997.** Phylogeny and Classification of the Cyprinodontiformes (Euteleostei: Atherinomorpha): A Reappraisal. En: *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Malabarba LR, RE Reis, RP Vari, ZM Lucena & CAS Lucena (Eds). Porto Alegre.
- Costa WJEM. 1998.** Phylogeny and Classification of the Cyprinodontidae revisited (Teleostei: Cyprinodontiformes): Are Andean and Anatolian killifishes sister taxa? *Journal of Comparative Biology* 2(1): 1-18.
- Crim LW & BD Glembe. 1990.** Reproduction. En: *Methods for fish biology*. Schreck CB & PB Moyle (Eds). American Fisheries Society. Bethesda. Maryland. USA.
- De Buen F. 1935.** Fauna ictiológica. Catálogo de los peces ibéricos de la planicie continental, aguas dulces, pelágicos y de los abismos próximos. *Notas y Resultados, Instituto Español de Oceanografía Ser. II* 88:1-89.
- De Cisternas R. 1877.** Peces de agua dulce de Valencia. *Anales de Historia Natural* 6: 69-138.
- De Sostoa A. 1983.** *Las comunidades de peces en el Delta del Ebro*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Barcelona.
- De Sostoa FJ. 1984.** *Biología de Aphanius iberus (Cuv. et Val., 1846) en el Delta del Ebro (NE ibérico)*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Barcelona. Barcelona.



- De Sostoa A, R Allué, C Bas, JM Camarasa, F Casals, J Casaponsa, M Del Castillo, I Doadrio, JV Fernández, R Franquesa, D Lloris, J Lobón-Cerviá, J Matallanas, R Muñoz, FJ De Sostoa & D Vinyoles. 1990. *Història Natural dels Països Catalans. Vol. 11. Peixos*. Fundació Enciclopèdia Catalana (Ed). Barcelona.
- De Sostoa A, JV Fernández, FJ De Sostoa & J Casaponsa. 1994. Ictiofauna dels aiguamolls de l'Empordà. En: *Els sistemes naturals dels aiguamolls de l'Empordà*. Gosálbez J, J Serra & E Velasco (Eds). *Treballs d' Institut Català d' Història Natural 13*.
- Doadrio I (Ed). 2002. *Atlas y Libro Rojo de los Peces Continentales de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza y Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.
- Doadrio I, B Elvira & Y Bernat. 1991. *Peces continentales Españoles. Inventario y clasificación de zonas fluviales*. ICONA (Ed). España.
- Doadrio I, A Machordom & A Perdices. 1992. Caracterización poblacional y conservación de la ictiofauna en peligro de extinción. *Convenio ICONA/CSIC 1991-1992*.
- Doadrio I, A Perdices & A Machordom. 1996. Allozymic variation of the endangered killifish *Aphanius iberus* and its application to conservation. *Environmental Biology of Fishes* 45: 259-271.
- Doadrio I, JA Carmona & C Fernández-Delgado. 2002. Morphometric study of the Iberian *Aphanius* (Actinopterygii, Cyprinodontiformes), with description of a new species. *Folia Zoologica* 51(1): 67-79.
- Fernández-Delgado C. 1987. *Ictiofauna del Estuario del Guadalquivir: Distribución y Biología de las especies sedentarias*. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba. Córdoba.
- Fernández-Delgado C. 1989. Life-history patterns of Salt-Marsh Killifish *Fundulus heteroclytus* (L.) introduced in the Estuary of the Guadalquivir River (South West Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 29: 573-582.
- Fernández-Delgado C & F Alvarez-Ramos. 1995. Plan de Recuperación del Fartet en Andalucía. Documento Técnico (Informe III). Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Fernández-Delgado C, J Hernando, M Herrera & M Bellido. 1988. Age, growth and reproduction of *Aphanius iberus* (Cuv. & Val., 1846) in the lower reaches of the Guadalquivir river (south-west Spain). *Freshwater Biology* 20: 227-234.
- Fernández-Delgado C, R Pintos, JA Torres, F Sánchez, J Prenda, JC Gutiérrez, FJ Oliva-Paterna, S Rossomano & C Arribas. 1997. Proyectos de Gestión de Ictiofauna Continental en Andalucía. En: *Conservación, Recuperación y Gestión de la Ictiofauna Continental Ibérica*. Volumen: Nº 1. Publicaciones de la Estación de Ecología Acuática. Granada-Lorencio C (Ed). Sevilla.
- Fernández-Delgado C, M Torralva, FJ Oliva-Paterna & R Pintos. 1999. Caracterización ecológica del hábitat del fartet (*Lebias iberica*, Valenciennes, 1846) en una pequeña cuenca hidrográfica del bajo Guadalquivir. En: *Peces Ciprinodóntidos Ibéricos: Fartet y Samaruc. Monografía*. Planelles M (Coord). Generalitat Valenciana. Valencia.
- Fernández-Delgado C, P Drake, A Arias & D García. 2000. *Peces de Doñana y su entorno*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente (Ed). Madrid.
- Fernández-Pedrosa V. 1997. Estudio de la Variabilidad genética del Fartet, *Aphanius iberus* (Val. 1846), y del Samaruc *Valencia hispanica* (Val. 1846), en poblaciones de la Comunidad Valenciana. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. Valencia.
- Fernández-Pedrosa V, A González, M Planelles, A Moya & A Latorres. 1995. Mitochondrial DNA variability in three Mediterranean populations of *Aphanius iberus*. *Biological Conservation* 72: 251-256.
- Ferrito V, M Corsaro & C Tigano. 2003. Scale surface morphology in *Lebias*, Goldfuss, 1820 (Teleostei: Cyprinodontidae). *Journal of Natural History* 37: 1529-1534.

- García-Berthou E. 1990.** *Ecología del Fartet Aphanius iberus (Cyprinodontidae), als Aiguamolls de l'Alt Ampordà.* Tesis de Licenciatura, Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona.
- García-Berthou E & R Moreno-Amich. 1992.** Age and growth of an Iberian cyprinodont, *Aphanius iberus* (Cuv. & Val.), in its most northerly population. *Journal of Fish Biology* 40: 929-937.
- García-Berthou E & R. Moreno-Amich. 1993.** Multivariate analysis of covariance in morphometric studies of reproductive cycle. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 50: 1394-1399.
- García-Berthou E & R Moreno-Amich. 1999.** Ecología y Conservación del Fartet (*Lebias iberus*) en las Marismas del Ampurdán (Cataluña). En: *Peces Ciprinodóntidos Ibéricos: Fartet y Samaruc. Monografía.* Planelles M (Coord). Generalitat Valenciana. Valencia.
- García-Berthou E, R Moreno-Amich, JL García-Marín, A Vila-Gispert & C Plá. 1989.** Caracterisation biometrique et genetique de *Aphanius iberus* (Pisces, Cyprinodontidae) en Catalogne. *Bulletin de la Société Zoologique de France* 114 (3).
- García-Berthou E, C Fernández-Delgado, Q Pou, D Boix & R. Moreno-Amich. 1999.** Edad y Crecimiento del Fartet, *Lebias iberus* Valenciennes, 1846: Comparación entre las poblaciones del Ampurdán (Cataluña) y del Río Guadalquivir. En: *Peces Ciprinodóntidos Ibéricos: Fartet y Samaruc. Monografía.* Planelles M (Coord). Generalitat Valenciana. Valencia.
- García-Marín JL & C Plá. 1997.** Bases genéticas para la conservación del fartet. *Trofeo Pesca* 53: 52-55.
- García-Marín JL & C Plá. 1999.** Conservación de la Diversidad Genética en el Fartet, *Lebias iberus*. En: *Peces Ciprinodóntidos Ibéricos: Fartet y Samaruc. Monografía.* Planelles M (Coord). Generalitat Valenciana. Valencia.
- García-Marín JL, A Vila & C Plá. 1990.** Genetic variation in the Iberian toothcarp, *Aphanius iberus* (Cuvier & Valenciennes). *Journal of Fish Biology* 37: 233-234.
- Gaudant J. 1982.** *Prolebias catalaunicus nov. sp.*: une nouvelle spece de poissons Cyprinodontidae de l'Oligocene de Sarreal (Province de Tarragona, Catalogne). *Estudios Geológicos* 38(1-2) : 95-102.
- Gaudant J. 1993.** Un exemple de regression evolutive chez des poissons Cyprinodontidae du Miocenes Superieur d'Espagne: *Aphanius illunensis nov.sp.* *Geobios* 26: 449-454.
- Giovanni AC, RS Balma & N Fedrighini. 1995.** Notes on the distribution of two fishes in Anatolia. *Zoology of Middle East* 11: 73-77.
- Glaubrecht M. 1996.** *Theodoxus* und *Aphanius* als Analogon. *Evolutionsökologie und systematik am Beispiel von Süb- und Brackwasserschnecken (Mollusca: Caenogastropoda: Cerithioidea): ontogenese-strategien, paläontologische Befunde und Historische Zoogeographie.* Backhuys Publishers. Leiden.
- Gómez F. 1997.** Conservation of a Threatened Killifish, *Aphanius iberus*. *Journal of the American Killifish Association* 30(3): 100-103.
- Gómez F & JL Díaz. 1991.** *Guía de los Peces Continentales de la Península Ibérica.* Libros Penthalon. Acción Divulgativa SL (Ed). Madrid.
- Gómez S. 2001.** Tubercular Lesions in two Spanish Cyprinodontid fishes. *Aquarium Sciences and Conservation* 3(4): 321-324.
- Haas R. 1982.** Notes on the ecology of *Aphanius dispar* (Pisces, Cyprinodontidae) in the Sultanate of Oman. *Freshwater Biology* 12: 89-95.
- Hrbek T & A Meyer. 2003.** Closing of the Tethys Sea and the phylogeny of Eurasian killifishes (Cyprinodontiformes: Cyprinodontidae). *Journal of Evolution Biology* 16: 17-36.
- Keith P, J Allardi & B Moutou. 1992.** *Livre rouge des espèces menacées de poissons d'eau douce de France.* Coll. Patrimoines Naturels, Vol. 10, SFF-MNHN, CSP, CEMAGREF (Eds), Paris.



- Kessel CM, T Van Woeltjes & JR Van der Zee. 1985a. De tandkarpers van het Middellandse Zee gebied (1). *Het Aquarium* 55 (6): 154-159.
- Kessel CM, T Van Woeltjes & JR Van der Zee. 1985b. De tandkarpers van het Middellandse Zee gebied (2). *Het Aquarium* 55 (7/8): 181-186.
- Kottelat M & A Wheeler. 2001. *Aphanius* Nardo, 1827 (Osteichthyes, Cyprinodontiformes): proposed placement on the Official List. *Bulletin of Zoological Nomenclature*, Vol. 58, Part 2.
- Lazara KJ (Ed). 1979. *Killifish Master index* (2<sup>nd</sup> Edition). American Killifish Association, Inc. Arizona.
- Lazara KJ. 1993. Dating and authorship of new species described in Humboldt and Valenciennes recherches sur les poissons fluviatiles de l'amerique equinoxiale. *Copeia* 4: 1160-1161.
- Lazara KJ. 1995. History of the genera *Lebia* Oken, 1817 and *Lebias* Golfuss, 1820 (Teleostei: Cyprinodontiformes: Cyprinodontidae) with designation of a type species for *Lebias*. *Copeia* 2: 501-503.
- Lozano Cabo, F. 1954. Una campaña de prospección pesquera en el Mar Menor. (Murcia). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 66: 3-19.
- Lozano Cabo F. 1958. Contribución al conocimiento del fartet (*Aphanius iberus* C. y V.). *Revisiones de la Academia de Ciencias* 52(3): 585-607.
- Lozano Cabo F. 1960. Apport a la connaissance du "fartet" (*Aphanius iberus* C. et V.). *Rapport d' Commission Internationale de la Mer Méditerranée* 15(3): 129-136.
- Lozano Cabo F. 1979. *Ictiología del Mar Menor (Murcia)*. *Los Fisóstomos*. Servicio de Publicaciones de Murcia. Murcia.
- Lozano Rey L. 1919. Los peces de la fauna ibérica en la colección del Museo. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Sección Zoología* 39.
- Lozano Rey L. 1935. *Los peces fluviales de España. Ictiología ibérica*. Memorias de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Sección Ciencias Naturales V. Madrid.
- Ludovicus. 1966. *Aphanius iberus* Cuv. y Val. *Vida acuática* 4.
- Martínez E & E Cortés. 1993. A fondo: *Aphanius iberus*. *Acqua* 3: 5-10.
- Mas J. 1981. Notas sobre la situación actual de localidades de ciprinodóntidos y familias afines en el levante de la Península Ibérica. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 6: 215-221.
- Mas J. 1986. La ictiofauna continental de la cuenca del río Segura. Evolución histórica y estado actual. *Anales de Biología* 8: 3-17.
- Mas J, E Nicolás & F Robledano. 1994. Basis for management of *Aphanius iberus* populations in the Mar Menor Lagoon (Murcia Región, S.E. Spain). *Proceedings of VIII Congress Societatis Europaea Ichthyologium*.
- Moreno-Amich R, C Pla, JL García-Marín, E García-Berthou & A Vila-Gispert. 1988. *Estatus i Programació del Pla de Recuperació per les Especies Piscicoles: Fartet i Samaruc*. Laboratori d'Ictiologia. Institut d'Ecologia Aquàtica. Estudi General de Girona. Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona.
- Moreno-Amich R, M Planelles, C Fernández-Delgado & E García-Berthou. 1999a. Distribución Geográfica de los ciprinodontiformes en la Península ibérica. En: *Peces Ciprinodóntidos Ibéricos: Fartet y Samaruc. Monografía*. Planelles M (Coord). Generalitat Valenciana. Valencia.
- Moreno-Amich R, Q Pou, X Quintana & E García-Berthou. 1999b. Efecto de la Regulación Hidrica en la conservación del Fartet (*Lebias iberica*) en Aiguamolls de l'Empordà: Importancia de los refugios de población. En: *Peces Ciprinodóntidos Ibéricos: Fartet y Samaruc. Monografía*. Planelles M (Coord). Generalitat Valenciana.
- Nikolsky GV. 1963. *The ecology of fishes*. Academic Press, Inc. Londres y New York.

- Oliva-Paterna FJ, M Torralva & C Fernández-Delgado. 2000.** Distribution and Conservation Status of *Aphanius iberus* in Southeast of Spain. *International Symposium. Freshwater Fish Conservation: Options for the future*. 30 October – 4 November. La Albufeira, Portugal.
- Oliva-Paterna FJ, A Andreu, A García-Mellado, PA Miñano, J Malo, C Fernández-Delgado & M Torralva. 2000.** Distribución y Estatus de Conservación del Fartet (*Aphanius iberus*, Valenciennes, 1846) en la Región de Murcia (S.E. de la Península Ibérica). *II Congreso Ibérico de Limnología (X Congreso Español de Limnología)*. Junio de 2000. Valencia, España.
- Oliva-Paterna FJ, PA Miñano, A Andreu, A Mellado, C Fernández-Delgado & M Torralva. 2002.** Fartet: Distribución y Conservación en Murcia. *Quercus* 192: 38-42.
- Oliva-Paterna FJ, M Torralva & C Fernández-Delgado. 2006.** Threatened Fishes of the World: *Aphanius iberus* (Cuvier & Valenciennes, 1846) (Cyprinodontidae). *Environmental Biology of Fishes* 75: 307-309.
- Oltra R & R Todolí. 2000.** Reproduction of the endangered killifish *Aphanius iberus* at different salinities. *Environmental Biology of Fishes* 57: 113-115.
- Parenti LR. 1981.** A phylogenetic and biogeographic analysis of Cyprinodontiform fishes (Teleostei, Atherinomorpha). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 168: 341-547.
- Parker A & I Kornfield. 1995.** Molecular perspective on evolution and zoogeography of Cyprinodontid killifishes (Teleostei; Atherinomorpha). *Copeia* 1: 8-21.
- Pellegrin J. 1921.** Les poissons des eaux douces de l'Afrique du Nord. *Memories de la Société des Sciences Naturelles du Maroc* 1(2): 158-165.
- Perdices A, JA Carmona, C Fernández-Delgado & I Doadrio. 2001.** Nuclear and mitochondrial data reveal high genetic divergence among Atlantic and Mediterranean populations of the Iberian killifish *Aphanius iberus* (Teleostei: Cyprinodontidae). *Heredity* 87: 314-324.
- Planelles M. 1999 (Coord).** *Peces Ciprinodóntidos Ibéricos: Fartet y Samaruc. Monografía*. Generalitat Valenciana. Valencia.
- Ramírez L, MA Esteve, F Robledano, J Mas, E Martínez, J Medina & E Nicolás. 1989.** Estudios básicos del Plan de Seguimiento y Recuperación de las poblaciones de Fartet (*Aphanius iberus*) en la Región de Murcia. Documento Técnico. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Murcia.
- Rachow U. 1924.** Ubre *Cyprinodon ibericus* Valenciennes und *Fundulus hispanicus* (Valenciennes). *Blätter für Aquarien – und Terrarienkunde* 12(XXXV): 317-319.
- Rincón PA, AM Correas, F Morcillo, P Risueño & J Lobon-Cervia. 2002.** Interaction between the introduced eastern mosquitofish and two autochthonous Spanish toothcarps. *Journal of Fish Biology* 61(6): 1560-1585.
- Rögl F & FF Steininger. 1983.** Vom Zerfall des Tethys zu Mediterran und Paratethys. Die Neogene Paläogeographie und Palinspastik des zirkum-mediterraneu Raumes *Annals Naturhistorisches Museum Wien* 85 (A): 135-163.
- Sáez R. 2004.** *Aphanius iberus* (Valenciennes, 1846). Sociedad Española de Killis (SEK): Grupo de Estudios sobre Especies Eurasiáticas. <http://www.sekonline.org>
- Sanz-Brau A. 1985.** Límites de hiperhalinidad de los ciprinodóntidos ibéricos. *Doñana, Acta Vertebrata* 12 (1): 166-170.
- Scholl A, B Corzillius & W Villwock. 1978.** Beitrag zur Verwandtschaftsanalyse altweltlicher Zahnkarpfen der Tribus Aphaniini (Pisces, Cyprinodontidae) mit Hilfe elektrophoretischer Untersuchungsmethoden. *Zur Zoological Systematik und Evolutionsforsch* 16 (2): 116-132. Berlin und Hamburg.
- Schreck CB & PB Moyle. 1990.** *Method for fish biology*. American Fisheries Society (Ed). Bethesda. Maryland. USA.



- Torralva M & FJ Oliva-Paterna. 1999.** Conservación y Recuperación del Fartet en Murcia. *Trofeo Pesca* Marzo-99: 98-99.
- Torralva M & FJ Oliva-Paterna. 2002.** Problemática de los Ciprinodóntidos en el Sureste Peninsular: Criterios y Estrategia de Recuperación. En: *Atlas y Libro Rojo de los Peces Continentales de España*. Doadrio I (Ed). CSIC y Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Torralva M & FJ Oliva-Paterna. 2003.** El Recurso ictico de las aguas continentales de la Región de Murcia. En: *Los Recursos Naturales de la Región de Murcia: Un Análisis Interdisciplinar*. Esteve MA, M Llorens & C Martínez (Eds). Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones. Murcia.
- Torralva M, FJ Oliva-Paterna, A Andreu & C Fernández-Delgado. 1998.** Situación actual de las poblaciones de Fartet, *Lebias iberica* (Valenciennes, 1986), en la Región de Murcia. Problemática de una Especie en Peligro de Extinción. *I Congreso Ibérico de Limnología (IX Congreso Español de Limnología)*. Évora, Portugal.
- Torralva M, FJ Oliva-Paterna, C Fernández-Delgado & J García. 1999a.** Las poblaciones de *Lebias iberica* (Valenciennes, 1846) en la región de Murcia. En: *Peces Ciprinodóntidos Ibéricos: Fartet y Samaruc. Monografía*. Planelles M (Coord). Generalitat Valenciana. Valencia.
- Torralva M, FJ Oliva-Paterna, A Andreu, NA Ubero, A García-Mellado & C Fernández-Delgado. 1999b.** *Biología, Distribución y Estado de Conservación de las Comunidades Acuáticas con Cyprinodontiformes en la Región de Murcia y las relaciones con sus hábitats*. Documento Técnico-I. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Murcia.
- Torralva M, FJ Oliva-Paterna, A García-Mellado, PA Miñano, A Andreu, V Cardozo, J García-Alonso & C Fernández-Delgado. 2001.** Distribución y estado de conservación del Fartet, *Aphanius iberus* (Valenciennes, 1846), en la Región de Murcia (S.E. de la Península Ibérica). Establecimiento de Grupos Poblacionales Operativos. *Anales de Biología* 23 (Biología Animal 12): 63-84.
- Tortonese E. 1986.** Cyprinodontidae. En: *Fishes of the Northeastern Atlantic and the Mediterranean*. Vol. 2. UNESCO (Ed). París.
- Van der Zee JR & CM Van Kessel. 1988.** Three endangered killifish species in the Western Mediterranean area. *JAKA* 1-2: 67-74.
- Vargas MJ. 1993.** *Interacción entre Aphanius iberus y Gambusia holbrooki en el Delta del Ebro: sus ciclos biológicos y ecologías tróficas*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona. Barcelona.
- Vargas MJ & A De Sostoa. 1997.** Life-history pattern of the iberian toothcarp *Aphanius iberus* (Pisces, Cyprinodontidae) from a mediterranean estuary, the Ebro delta (Spain). *Netherlands Journal of Zoology* 2: 143-160.
- Vargas MJ & A De Sostoa. 1999.** Ecología Trófica del Fartet, *Lebias iberica*, en el Delta del Ebro. En: *Peces Ciprinodóntidos Ibéricos: Fartet y Samaruc. Monografía*. Planelles M (Coord). Generalitat Valenciana. Valencia.
- Varó I, R Serrano, E Pitarch, F Amat, FJ López & JC Navarro. 2000.** Toxicity and Bioconcentration of Chlorpyrifos in Aquatic Organisms: *Artemia parthenogenetica* (Crustacea), *Gambusia affinis*, and *Aphanius iberus* (Pisces). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 65: 623-630.
- Vidal-Celma A. 1963.** Localidades de Ciprinodóntidos ibéricos. *Miscelanea Zoologica* 5: 143-146.
- Villwock W. 1970.** Distribution, ecology and relationship of Near East and Mediterranean Cyprinodonts of the Genus *Aphanius*. *Journées Ichthyologie* Rome: 89-92.
- Villwock W. 1982.** *Aphanius* (Nardo, 1827) and *Cyprinodon* (Lac., 1803) (Pisces: Cyprinodontidae), an attempt for a genetic interpretation of speciation. *Zoology Systematic and Evolution* 20: 187-197.

- Villwock W & A Scholl. 1982.** Ergänzende mitteilungen über *Aphanius* aus der oase Azraq/Jordanien sowie betrachtungen zum taxonomischen status eines neuen *A. iberus* (Cyprinodontidae: Pisces) aus dem oued zousfana, Igli/Nordwest-Algerien). *Mitteilungen ints Hamburg Zoologischen Museum und Instituts* 79: 267-271.
- Villwock W, A Scholl & F Krupp. 1983.** Zur taxonomie, verbreitung und speziation des formenkreises *Aphanius dispar* (Rüppell, 1828) und beschreibung von *Aphanius sirhani* n. sp. (Pisces: Cyprinodontidae). *Mitteilungen ints Hamburg Zoologischen Museum und Instituts* 80: 251-277.
- Villwock W. 1999.** Biogeography of the cyprinodontiform fishes (Teleostei: Cyprinodontidae) of the Mediterranean Region. En: *Peces Ciprinodóntidos Ibéricos: Fartet y Samaruc. Monografía*. Planelles M (Coord). Generalitat Valenciana. Valencia.
- Wildekamp RH, F Küçük, M Ünlüsayin & WV Neer. 1999.** Species and subspecies of the genus *Aphanius* Nardo 1897 (Pisces: Cyprinodontiformes) in Turkey. *Turkey Journal of Zoology* 23: 23-44.
- Zardoya R & I Doadrio. 1998.** Phylogenetic relationships of Iberian Cyprinids: Systematic and biogeographical implications. *Proceedings of the Royal Society of London* 265B: 1365-1372.
- Zardoya R & I Doadrio. 1999.** Molecular Evidence on the Evolutionary and Biogeographical Patterns of European Cyprinids. *Journal of Molecular Evolution* 49: 227-237.

