

## LIMNOLOGÍA E ICTIOFAUNA DE LA LAGUNA DEL TARELO EN UN PERIODO DE BAJA TENSIÓN DE OXÍGENO.

FRANCISCO BLANCO<sup>1</sup>, LAURA SERRANO<sup>2</sup>, MARTA REINA<sup>2</sup> Y JOSÉ PRENDA<sup>1</sup>

1. Departamento de Biología Ambiental y Salud Pública. Facultad de Ciencias Experimentales. Campus Universitario de La Rábida. Universidad de Huelva, 21819 Palos de la Frontera (Huelva).

E-mail: jprenda@uhu.es

2. Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla. Avda. Reina Mercedes s/n, 41080 Sevilla. E-mail: serrano@cica.es

### RESUMEN

Se presentan datos relativos a las condiciones limnológicas de la masa de agua y a la comunidad íctica de la laguna del Tarelo durante un periodo de fuerte estratificación química con escasa o nula disponibilidad de oxígeno disuelto. Se capturan tres especies, el Fúndulo (*Fundulus heteroclitus*), la Gambusia (*Gambusia holbrooki*) y la Anguila (*Anguilla anguilla*), en todos los casos con escasos efectivos numéricos. Se discute sobre las causas que dan lugar a las condiciones fisicoquímicas observadas y su relación con la ictiofauna. Por último, se comenta el origen de los peces en esta laguna.

### INTRODUCCION

La laguna del Tarelo es un espacio protegido situado en el término municipal de Sanlúcar de Barrameda. A pesar de tener un origen artificial constituye hoy día un humedal especialmente importante para las aves acuáticas, que frecuentan la zona principalmente en época de cría.

Aunque la avifauna acuática de la laguna es bien conocida, incluso sujeta en muchos casos a planes de manejo, poco se sabe acerca de la situación de otros grupos zoológicos. Entre éstos se encuentran los peces, totalmente desconocidos a pesar de la importancia que pueden tener en el funcionamiento ecológico de la laguna y sobre sus valores de biodiversidad. Igualmente los peces pueden constituir un recurso trófico básico para muchas especies de aves acuáticas. De aquí se deriva que el conocimiento de este grupo de vertebrados sea de gran relevancia, tal y como se ha puesto de manifiesto para otros cuerpos de agua (Fernández, 1997).

En este trabajo se presentan datos de las condiciones limnológicas de la masa de agua en un periodo de fuerte anoxia y se describe la comunidad íctica de la laguna del Tarelo (composición taxonómica, distribución y origen) en relación con las características fisicoquímicas observadas.

### AREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS.

La laguna del Tarelo está situada en las inmediaciones de Sanlúcar de Barrameda, dentro de los límites del Parque Natural de Doñana. En su origen era una gravera, que tras su abandono se rellenó con el agua aportada fundamentalmente por el acuífero. Hoy día constituye un importante enclave para la avifauna acuática de la zona y es uno de los lugares de cría habitual de especies amenazadas como la Malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*).

Debido principalmente a los aportes del acuífero la antigua gravera funciona actualmente como una laguna litoral de aproximadamente 2 Has de extensión y de unos 3 m de profundidad máxima que mantiene un nivel casi constante de agua durante todo el año. Las orillas son muy escarpadas, por lo que carecen casi por completo de plataforma de sedimentación.

La vegetación de la laguna es similar a la del resto de los humedales próximos, estando formada principalmente por Eneas (*Typha* sp.), Carrizos (*Phragmites australis*) y Tarajes (*Tamarix* sp.). El desarrollo de la vegetación es notable en la mayor parte de la zona ribereña, originando hábitats de cría muy favorables para las aves acuáticas.

La concentración total de sales en sus aguas hace que sea un medio mesohalino, con conductividades que oscilan entre 8 y 12 mS/cm. Las concentraciones de nitrato y nitrito son muy elevadas en esta laguna, especialmente durante el invierno debido a la procedencia subterránea de sus aguas y a la intensa actividad de los cultivos agrícolas en la zona. Por esta razón la productividad del fitoplancton, estimada a partir de la concentración de los pigmentos fotosintéticos, es muy alta, mientras que la abundancia de macrófitos sumergidos es muy escasa. Se trata, pues, de una laguna eutrofizada, pero donde la productividad natural del sistema es esperable que sea así mismo alta debido a su ubicación, su latitud y su morfometría.

Se analizaron diversas variables limnológicas en la columna de agua de la zona de aguas libres el 11/6/01 (18:30-20:30 h) y el 12/6/01 (8:30-10:30 h). La conductividad a temperatura compensada (ATC), la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto, el potencial de óxido-reducción y la profundidad de visión del Disco de Secchi se registraron *in situ*. Se recogió un volumen de 1.5-2 litros de agua en la superficie y el fondo de la laguna (aprox. 3,75 m de profundidad) mediante una bomba peristáltica eléctrica. Las muestras se

guardaron en hielo para su transporte hasta el laboratorio. Allí, se determinó la concentración de clorofila *a* planctónica por triplicado mediante filtros de fibra de vidrio WHATMAN GF/C. Los pigmentos fotosintéticos se extrajeron con metanol puro a  $-4^{\circ}\text{C}$  durante más de 48 horas. La concentración de clorofila *a* se calculó por medio de la fórmula de Talling y Driver (Vollenweider, 1969). La concentración de la materia en suspensión (m.e.s.) se determinó gravimétricamente por triplicado tras filtrar 100 ml de agua de cada muestra a través de filtros de fibra de vidrio WHATMAN GF/C previamente secos ( $100^{\circ}\text{C}$ ). La materia orgánica en suspensión (m.o.e.s.) se determinó gravimétricamente tras muflar los filtros que contenían la materia en suspensión, (a  $450^{\circ}\text{C}$ , 5 h).

En las muestras de agua se determinó la concentración de los principales nutrientes: nitrito, nitrato, amonio y orto-fosfato (APHA, 1992). El contenido total de nitrógeno y fósforo se determinó como orto-fosfato y amonio, respectivamente, tras digestión ácida de la muestra sin filtrar a  $120^{\circ}\text{C}$ .

El muestreo de la ictiofauna se llevó a cabo en las mismas fechas en orillas y en aguas libres. Para el muestreo de orillas se utilizaron redes holandesas de dos tipos: anguileras (tres muertes y 15 mm de luz de malla) y camaroneras (dos muertes y 7 mm de luz de malla). La unidad de esfuerzo de pesca se definió como 1 anguilera + 1 camaronera, colocadas en serie durante una noche completa (11 horas). En aguas libres se utilizaron dos tipos de redes de enmalle, *trasmallos* y *agalleras*. Se colocaron dos trasmallos, uno de 10 m de largo x 1,2 de alto, con luz de malla de 60 mm el paño central y 380 mm las albitanas; otro de 30 m de largo x 1 m de alto, con la misma luz de malla. Se utilizó una sola agallera de 10 m de largo x 2 m de peralte y 40 mm de luz de malla. Las redes de enmalle estuvieron caladas una noche completa (13 horas). Los peces capturados se identificaron en el campo, anotando la longitud total y el sexo de

los especímenes, en los casos en los que fue posible determinarlo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La concentración de oxígeno disuelto en el agua de la laguna fue muy baja en la capa de agua superficial y llegó a ser nula por debajo de 1,25 m de profundidad en la tarde del 11/6/01. Durante la mañana del 12/6/01, toda la columna de agua se encontraba anóxica (Figura 1). En consecuencia, se registraron potenciales de óxido-reducción negativos en toda la columna de agua. Sin embargo, la falta de oxígeno disuelto no se debió a un proceso de estratificación térmica porque la laguna se encontraba completamente mezclada: la diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo de la columna de agua fue de 1,25 °C como máximo (Tabla 1).

La concentración de clorofila *a* planctónica fue significativamente mayor (t-Student,  $P < 0,05$ ) en la superficie que en el fondo de la columna de agua durante ambos días. También las concentraciones de m.e.s. y m.o.e.s. fueron mayores en la superficie que en el fondo por lo que se puede suponer que la mayor parte de los organismos fitoplanctónicos se localizaron en la superficie del agua. Por otra parte, la profundidad de visión del Disco de Secchi fue de sólo 45 cm y, en consecuencia, la profundidad del límite de compensación de la luz se estimó en unos 1,2 m de profundidad. Es decir, por debajo de esta profundidad, la actividad fotosintética fue tan escasa que los procesos de respiración del propio plancton superaron la producción fotosintética de oxígeno. En consecuencia, las condiciones reductoras y anóxicas en las aguas libres se debieron a la propia actividad de los organismos fitoplanctónicos por dominancia de los procesos respiratorios sobre los fotosintéticos.

La elevada concentración de nutrientes en el agua promovió el desarrollo de abundante fitoplancton. La concentración de orto-fosfato fue especialmente alta en el fondo de la columna

de agua, por lo que la relación N/P fue mayor en la superficie (N/P <sup>a</sup>200) que en el fondo (N/P <sup>a</sup>40). Como es esperable en condiciones reductoras, el nitrógeno en el agua se encontraba mayoritariamente en forma de amonio (Tabla 1).

En aguas libres no se capturó ningún pez, probablemente debido a la falta de oxígeno y a las condiciones reductoras presentes en esta zona de la laguna. Es esperable que la menor profundidad de la columna de agua en las orillas permitiera un mayor intercambio de oxígeno con la atmósfera haciendo que su concentración fuera un poco mayor en esta zona. En cualquier caso es necesaria la realización de muestreos en otras épocas del año para confirmar estos datos. Según los testimonios de algunos habitantes de los alrededores, en épocas pretéritas fueron introducidas Carpas (*Cyprinus carpio*), Lubinas (*Dicentrarchus labrax*) y Lisas (Mugilidae), aunque ninguna de estas especies fue capturada. Atendiendo a las características fisicoquímicas actuales de la laguna, es poco probable que existan poblaciones estables de alguna de estas especies, a pesar de que mugílidos y carpas, son bastante tolerantes a bajas tensiones de oxígeno.

En orillas se capturaron un total de 167 individuos pertenecientes a 3 especies: Anguila (*Anguilla anguilla*), Gambusia (*Gambusia holbrooki*) y Fúndulo (*Fundulus heteroclitus*). El número de capturas totales fue muy bajo, teniendo en cuenta que normalmente tanto el Fúndulo como la Gambusia presentan poblaciones muy numerosas allá donde habitan, especialmente el primero (Pena *et al*, 1985; Arias *et al*, 1987). La Anguila es una especie nativa, mientras que las dos últimas son introducidas, procedentes de Norteamérica y ocasionan un fuerte impacto en los medios que ocupan (Gutierrez-Estrada *et al*, 1998; Doadrio, 2001).

El Fúndulo fue la especie más abundante (81,4% del total de capturas) con 22,7 capturas por unidad de esfuerzo (cpue), seguida de la Gambusia (17,9%, 5 cpue) y por último la

Anguila (0,6%, 0,2 cpue), de la que sólo se capturó un ejemplar (Tabla 2). La distribución de frecuencias de las tallas para el Fúndulo y la Gambusia, puso de manifiesto la presencia de clases de tallas pequeñas (<sup>a</sup> 15 mm) para las dos especies, lo que apunta a la existencia de eventos reproductivos de ambas en la laguna (Figura 2), especialmente en el caso del Fúndulo. Según algunos autores (Taylor *et al*, 1979; Kneib, 1986; Taylor, 1999) ésta es una especie adaptada a ambientes mareales con fuertes oscilaciones en el nivel de las aguas. La hembra suele poner los huevos sobre la vegetación de marismas en mareas equinocciales, de modo que tras la regresión de éstas, quedan en seco. Los huevos presentan resistencia a la desecación y se desarrollan fuera del agua a la espera de que una nueva marea los vuelva a inundar. En la laguna del Tarelo no es posible desarrollar este tipo de estrategia reproductiva, puesto que el nivel del agua se mantiene prácticamente constante a lo largo de todo el año. El Fúndulo por tanto debe adoptar otro tipo de estrategia, lo que pone de manifiesto una gran plasticidad reproductiva. Esta característica dota a la especie de una mayor capacidad potencial para interactuar con especies y sistemas nativos en relación con la que tradicionalmente se le ha asignado.

Es de resaltar que casi todos los peces capturados, incluida la Anguila, estaban muertos en el momento de levantar las redes, lo que no es habitual. Ello se debió posiblemente a las condiciones fisicoquímicas de las aguas, especialmente a la falta de oxígeno.

Se calculó la longitud media de los ejemplares siendo la del Fúndulo superior a la de la Gambusia (37.3 frente a 28.1). Esto es normal dadas las características intrínsecas de las especies, ambas con marcado dimorfismo sexual, ya que machos y sobre todo hembras de Fúndulo alcanzan tallas notablemente superiores a las de la Gambusia (Doadrio, 2001).

En conclusión, la distribución de los peces (Fundulos, Gambusias y Anguilas) en una época de fuerte estratificación de oxígeno estuvo restringida a las cercanías de las orillas, lugar donde se mantienen pequeñas bolsas de oxígeno. Por último, ninguna de las tres especies capturadas parece que haya colonizado de forma natural la laguna, debido a que ésta se encuentra aislada del resto de zonas húmedas de las inmediaciones y del propio río Guadalquivir, que discurre muy próximo. Además, los testimonios aportados por los habitantes de la zona refuerzan la idea de que la colonización de la laguna del Tarelo por parte de los peces es un hecho no natural, fruto de las distintas introducciones que se han llevado a cabo en la misma.

#### **AGRADECIMIENTOS.**

A los guardas de la laguna, en especial a Jose M<sup>a</sup> Arana que prestó la barca con la que fue posible realizar el muestreo, y a todas aquellas personas que dieron su testimonio acerca de las introducciones de peces en la laguna. Los fideos con langostino fueron una magnífica recompensa al esfuerzo de pesca aplicado.

## BIBLIOGRAFÍA

- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation).-(1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Díaz de Santos S.A. (ed.). Madrid.
- ARIAS, A y DRAKE, P. -(1987). Estudio preliminar de la producción natural de *Fundulus heteroclitus* en los esteros de la bahía de Cádiz. *Cuadernos marisqueros*, 12: 17-22.
- DOADRIO, I. -(2001). Atlas y libro rojo de los peces continentales de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente.
- FERNANDEZ, C., R. PINTOS, J. A. TORRES, F. J. SANCHEZ, J. PRENDA, J. C. GUTIERREZ-ESTRADA, F. J. OLIVA, S. ROSSOMANNO y C. ARRIBAS.-(1997). Proyectos de gestión de ictiofauna continental en Andalucía. En: C. GRANADO (Ed.), Conservación, recuperación y gestión de la ictiofauna continental ibérica, pp.: 153-166. *Publicaciones de la Estación de Ecología Acuática, n° 1. Sevilla*, 195 pp.
- GUTIERREZ-ESTRADA, J.C., PRENDA, J., OLIVA F., y FERNANDEZ-DELGADO, C. -(1998). Distribution and Habitat Preferences of the Introduced Mummichog *Fundulus heteroclitus* (Linnaeus) in South-western Spain. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 46: 827-835.
- KNEIB, R.T. -(1986). The role of *Fundulus heteroclitus* in salt marsh trophic dynamics. *American Zoologist*, 26: 259-269.
- PENA, J.C. y DOMINGUEZ, J. -(1985). Contribución al conocimiento de la ictiofauna leonesa: la gambusia (*Gambusia affinis holbrooki*, 1859). *Tierras de León*, 61: 103-114.
- TAYLOR, M.H., LEACH G.J., DIMICHELE L. LEVITAN W.M. y JACOB W.F. -(1979). Lunar spawning cycle in the mummichog *Fundulus heteroclitus* (Pisces: Cyprinodontidae). *Copeia* 1979(2): 291-297.
- TAYLOR, M.H. -(1999). A Suite of Adaptations for Intertidal Spawning. *American Zoologist*, 39: 313-320.
- VOLLENWEIDER, R. A. -(1969). *Primary production in aquatic environments*. IBP Handbook 12. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

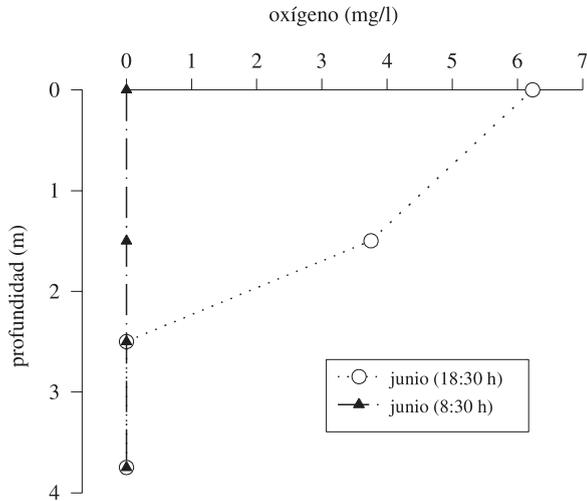
**Tabla 1.** Datos fisicoquímicos y biológicos de la laguna durante el muestreo.

	11/6/2001		12/6/01	
	superficie	fondo	superficie	fondo
temperatura (°C)	25,75 ± 0,06	24,5 ± 0,0	24,55 ± 0,06	24,6 ± 0,0
conduct. ATC (mS/cm)	11,8	11,8	11,8	11,8
pH	8,1	8,0	7,4	7,8
potencial redox (mV)	-37,8	-34,6	-26,0	-23,1
orto-P (µg/l)	13,8 ± 1,6	150,1 ± 2,9	14,3 ± 0,4	71,5 ± 2,9
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µM)	1,9 ± 0,6	5,3	3,5 ± 0,4	26,6 ± 0,2
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (µM)	6,4	13,4	8,2	13,7
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µM)	210 ± 14,1	460 ± 168	162 ± 28,3	161 ± 1,4
m.e.s. (mg/l)	39,5 ± 1,0	35,3 ± 0,3	38,9 ± 0,3	37,8 ± 2,1
m.o.e.s. (mg/l)	24,7 ± 1,5	21,17 ± 0,8	24,1 ± 0,6	22,5 ± 2,5
clorofila a (µg/l)	94,2 ± 0,3	38,4 ± 0,6	96,1 ± 1,7	42,9 ± 1,5
P total (µg/l)	232,3 ± 9,8	228,5 ± 6,5	245,4 ± 4,3	270,8 ± 12,0
N total (mg/l)	63,1 ± 2,6	37,4 ± 1,7	60,1 ± 2,5	37,4 ± 1,7
P particulado (µg/l)	218,5 ± 9,8	78,4 ± 6,5	45,8 ± 4,3	199,3 ± 12,0
N particulado (mg/l)	60,1 ± 2,6	30,7 ± 1,7	57,7 ± 2,5	34,6 ± 1,7

**Tabla 2.** Abundancia y tallas de los peces capturados en la laguna del Tarelo (Cádiz). N, número total de individuos; CPUE, capturas por unidad de esfuerzo; DE, desviación estándar; %, abundancia relativa; L<sub>T</sub> media, longitud total media.

	N	CPUE ± DE	%	L <sub>T</sub> media ± DE	L <sub>T</sub> máxima	L <sub>T</sub> mínima
<i>Fundulus heteroclitus</i>	136	22,7 ± 24,6	81,4	37,3 ± 12,1	112	20
<i>Gambusia holbrooki</i>	30	5,0 ± 11,3	17,9	28,1 ± 6,7	52	20
<i>Anguilla anguilla</i>	1	0,2 ± 0,4	0,6	785		

**Figura 1.** Concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua en la laguna del Tarelo los días 11 y 12 de junio de 2001.



**Figura 2.** Distribución de frecuencias de tallas para Fúndulo y Gambusia.

