

La anguila europea (*Anguilla anguilla*) en el río Guadiaro: parámetros biológicos y dinámica de la población

Mercedes Herrera Arroyo y Carlos Fernández Delgado / Universidad de Córdoba

Recibido: 25 de octubre de 2020 / Revisado: 13 de noviembre de 2020 / Aceptado: 26 de noviembre de 2020 / Publicado: 5 de abril de 2021

RESUMEN

Las medidas de conservación impuestas por la Unión Europea para la anguila —una especie en peligro crítico de extinción—, hacen necesario estudiar sus poblaciones, especialmente en la zona sur de su distribución europea, donde la falta de información es más acusada. En el presente artículo, se muestran los resultados de seis años de investigación en la cuenca del Guadiaro, uno de los ríos mejor conservados de Andalucía que posee un elevado grado de conectividad entre los distintos segmentos de la cuenca y una de las escasas comunidades de peces migradores de Andalucía. En esta área se han desarrollado proyectos financiados por la Junta de Andalucía, dentro del Plan de Gestión de la Anguila, y la Unión Europea, mediante el proyecto SUDOANG, para conocer los parámetros biológicos y poblacionales de la especie.

Palabras clave: *Anguilla anguilla*, dinámica de poblaciones, parámetros biológicos, patrones ambientales

ABSTRACT

The conservation measures imposed by the European Union for the eel, a critically endangered species, make it necessary to study its populations, especially in the southern area of its European distribution, where the lack of information is more pronounced. This article shows the results of six years of research in the Guadiaro basin, one of the best conserved rivers in Andalusia, with a high degree of connectivity between the different segments of the basin and one of the few migratory fish communities in Andalusia. In this area, projects funded by the Junta de Andalucía, within the Eel Management Plan, and the European Union, through the SUDOANG project, have been carried out to determine the biological and population parameters of the species.

Keywords: *Anguilla anguilla*, population dynamics, biological parameters, environmental patterns

1. INTRODUCCIÓN

La anguila europea, *Anguilla anguilla* (Linneo, 1758), es una especie catádroma facultativa con un ciclo biológico muy complejo, ya que realiza en dos ocasiones una migración de unos 6.000 km entre sus zonas de nacimiento/reproducción en el mar de los Sargazos y de crecimiento en Europa, Mediterráneo y norte de África (Righton *et al.*, 2016).

Sus larvas (leptocéfalos), transparentes y de forma lanceolada, se desplazan transportadas por las corrientes oceánicas (Tsukamoto, 2009). Una vez en la plataforma continental sufren su primera metamorfosis transformándose en angulas (Lámina 1). Con ayuda de las mareas remontan los estuarios, se pigmentan (coloración amarillenta-verdosa) y se transforman en

anguilas amarillas, fase principal de su etapa continental en la que tiene lugar el crecimiento y la diferenciación sexual.

Colonizan un amplio espectro de hábitats mostrando una gran plasticidad fenotípica (Drouineau *et al.*, 2014). El sexo se define a partir de los 12 cm de longitud, determinado por la densidad de la población (machos en altas densidades, hembras en bajas). Los machos maduran a los 30-40 cm de longitud y las hembras por encima de los 45 cm. La edad es variable, aunque la madurez se alcanza más precozmente en latitudes bajas. Así se inicia la metamorfosis a anguila plateada, con un aumento del tamaño de los ojos y las aletas pectorales, cese de la alimentación y reabsorción del tubo digestivo (Durif *et al.*, 2005). Esta fase realiza la migración

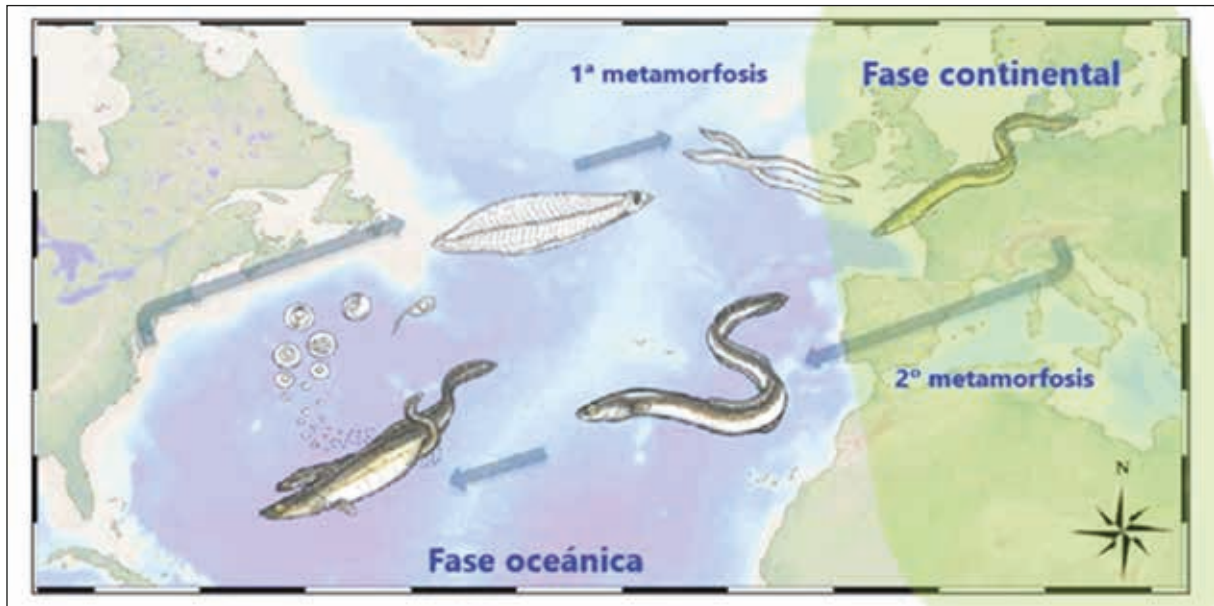


Lámina 1.- Ciclo biológico de la anguila europea. Modificado de Eric Otten

reproductiva al mar de los Sargazos utilizando sus reservas de energía para la migración y el desarrollo de las gónadas. La reproducción es panmíctica, es decir, se produce de forma indiscriminada entre individuos procedentes de toda el área de distribución, por lo que la constituyen una única población genética (Als *et al.*, 2011). La fecundidad es muy alta —un millón de huevos en promedio— lo que compensa la elevada mortalidad en las primeras fases del desarrollo —hasta el 99.8 % en leptocefalos (Bonhommeau *et al.*, 2010)—. El esfuerzo de la migración y la freza provoca la muerte de los reproductores.

Los efectivos de la población de anguila europea no han cesado de disminuir desde los años 80 del pasado siglo. Las series de datos sobre reclutamiento indican un descenso del 1.4% al 6.0% —dependiendo de las zonas— en referencia a los valores de los años 1960-1979, (ICES, 2019) (Lámina 2).

Las causas del declive son de origen antrópico: pérdida del hábitat de crecimiento por la construcción masiva de presas que limitan la colonización de amplios tramos de río; mortalidad en la fase plateada inducida por las centrales hidroeléctricas; explotación pesquera en todas las fases del ciclo biológico —anguila, anguila amarilla y plateada— y, por último, una serie de amenazas originadas por contaminantes,

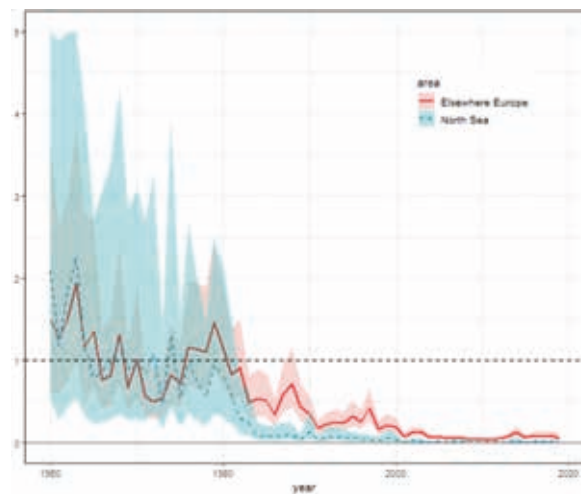


Lámina 2.- Índices de reclutamiento de angulas en 46 ríos europeos. ICES (2019)

parásitos y agentes patógenos (revisión en Drouineau *et al.*, 2018).

Por ello, ha sido catalogada “En Peligro Crítico (CR)” por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) e incluida en el Apéndice II del Convenio Internacional sobre Tráfico de Especies Amenazadas (CITES). Igualmente, se ha dictado el Reglamento del Consejo Europeo (CE N° 1100/2007) por el que se establecen medidas para la recuperación de la población, obligando a los estados miembros de la UE a desarrollar planes de gestión. Esto implica conocer los parámetros de su biología y

ecología a lo largo de su distribución geográfica, especialmente en latitudes meridionales donde son más desconocidas (ICES, 2016).

Como consecuencia, en el marco del Plan de Gestión de la Anguila en Andalucía, se inició en 2014 un estudio de la biología y dinámica de la población en el río Guadiaro que se ha visto prolongado tras su elección como cuenca piloto dentro del proyecto SUDOANG (<https://sudoang.eu/es/>).

En el presente trabajo se resumen algunos de los resultados obtenidos sobre la biología y la dinámica de la subpoblación de anguilas del río Guadiaro.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

Se llevó a cabo un estudio de marcado recaptura en un segmento del tramo medio del río Guadiaro (UTM 30S 284525; 4033181 -SRC: ETRS89, EPSG 25830-) con una longitud de 1023 m y una anchura media de 10 m (superficie 1.6 ha) (Lámina 3).

Se muestreó mensualmente entre octubre de 2014 y octubre de 2016. La profundidad osciló entre 20 cm (rápidos) y 185 cm (pozas); la temperatura entre 12,0°C (diciembre 2015) y 24,9°C —julio 2015—; el oxígeno disuelto entre 5,69 mg/l —agosto 2015— y 11,9 mg/l —diciembre 2015— y la conductividad entre de 307 $\mu\text{S cm}^{-1}$ —abril de 2016— a 606 $\mu\text{S cm}^{-1}$ —septiembre de 2015—. Las condiciones climáticas variaron mucho entre estaciones a lo largo del período de estudio. En otoño e invierno de 2014-2015, las precipitaciones fueron inusualmente intensas —media mensual de 118.5 mm— con crecidas importantes. El resto del período de estudio fue, en general, seco.

2.2. Metodología

Se utilizó el marco de muestreo del Diseño Robusto (Kendall *et al.*, 1997). Durante seis días al mes se instalaron 50 nasas numeradas —luz de malla de 7-10 mm—. Las redes se revisaban cada 24 h, las anguilas capturadas en cada nasa se transferían a una bolsa de red etiquetada y se registraban sus coordenadas UTM. Las anguilas

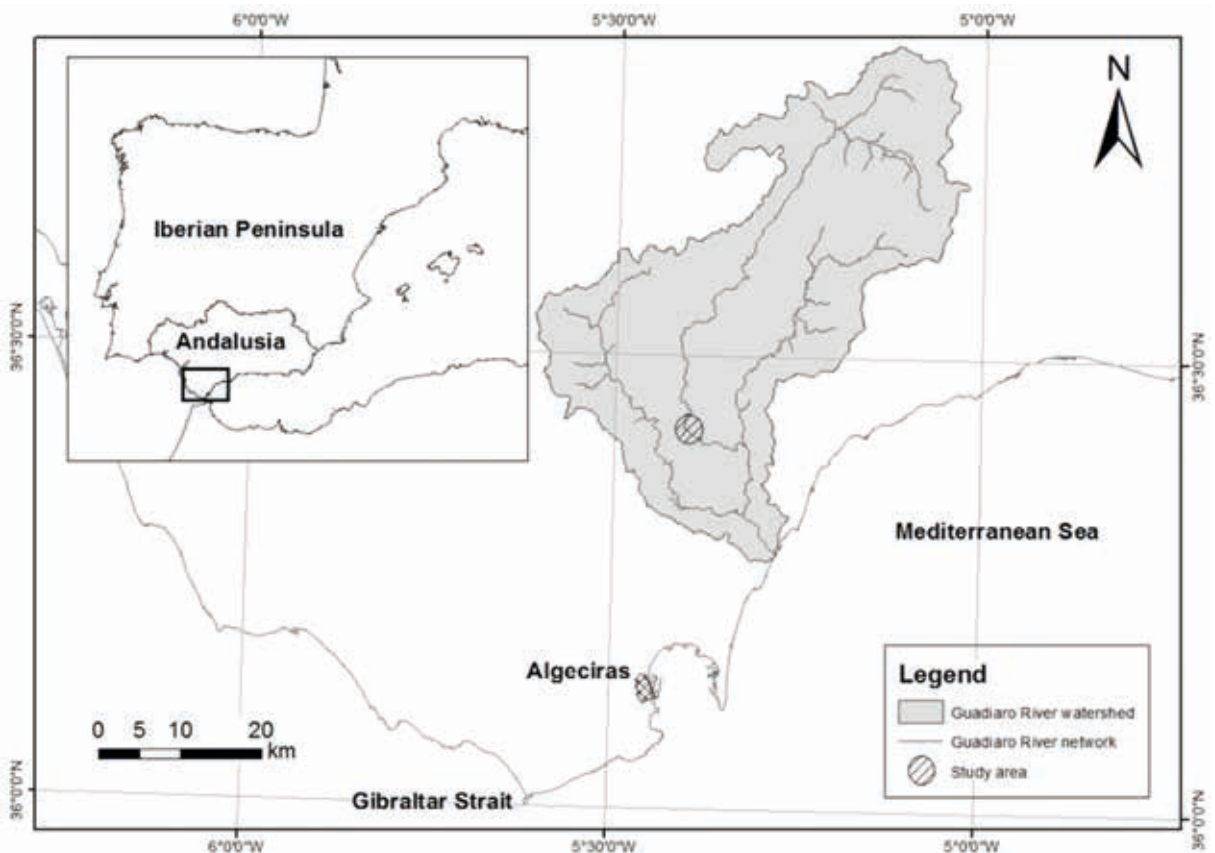


Lámina 3.- Localización geográfica del área de muestreo. Imagen de los autores

se anestesiaron y se registró su longitud total (LT, cm), masa (M, g) y las medidas externas para determinar la fase de maduración (mm) (Durif *et al.*, 2009), tanto en la primera captura como en las recapturas. Las anguilas con LT mayor de 25 cm se marcaron con PIT o se examinaron para detectar la presencia de marcas. Una vez procesadas, las anguilas se liberaron en el mismo lugar donde fueron capturadas.

La dinámica de la población —abundancia y supervivencia— se estudió con métodos estadísticos multinomiales utilizando el programa MARK (<http://www.phidot.org/software/mark/>) y el software R versión 3.2.1 (R Development Core Team, 2015). La biomasa y productividad según Hayes *et al.* (2007).

La tasa de crecimiento se calculó, en los individuos recapturados, según la siguiente fórmula:

$$\text{Crecimiento diario} =$$

$$\frac{(\text{LT final} - \text{LT inicial})}{\Delta \text{ tiempo transcurrido entre dos recapturas.}}$$

Δ tiempo transcurrido entre dos recapturas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Dinámica de la población

Se han detectado dos grupos en la población (Lámina 4):

Transeúntes: anguilas nómadas —machos y hembras indiferenciados en estado FI— con LT generalmente inferior a 30 cm. Estos individuos son más abundantes en periodos de gran actividad en la población —crecidas— y forman parte de la superpoblación en la que se incluye la población residente (Feunteun *et al.*, 2003). A este grupo se añaden las anguilas plateadas en migración —estados FV-MD—.

Residentes: anguilas sedentarias, territoriales y con gran fidelidad al sitio (Herrera *et al.*, 2019), LT generalmente mayor de 30-32 cm.

La abundancia se ha calculado para ambos grupos por separado. La abundancia de residentes fue constante a lo largo del año, mientras que la abundancia para el total de la población fue significativamente mayor entre enero y marzo de 2015 (ANOVA, $F = 192.9$, $p < 0.001$). En estos meses, debido a las intensas lluvias y el

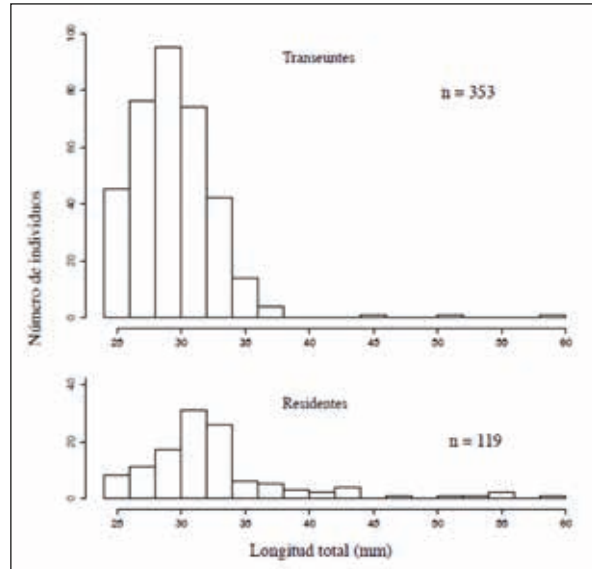


Lámina 4.- Distribuciones de frecuencias de longitudes de los individuos residentes y transeúntes capturados entre octubre 2014 y junio 2015 en el área de muestreo de marcado-recaptura del río Guadiaro. Imagen de los autores

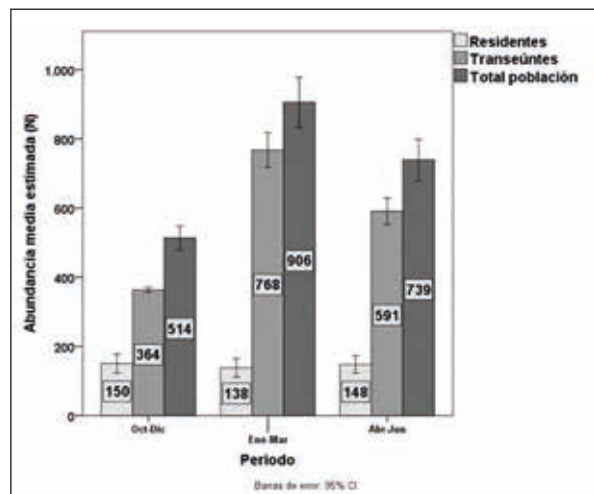


Lámina 5.- Abundancia media estimada para el total de la población de anguilas del río Guadiaro, residentes y transeúntes entre otoño de 2014 y primavera de 2015. Imagen de los autores

consiguiente aumento de caudal, se incrementó la actividad en las anguilas y la entrada de transeúntes en el área de muestreo.

La densidad media fue 477 ± 54.67 individuos ha^{-1} en el total de la población y 94.00 ± 6.00 individuos ha^{-1} en residentes. Por intervalos de longitud, la densidad fue mayor entre individuos de 25.0 a 34.9 cm (LT), tanto en los residentes como en el total de la población.

La biomasa media fue $7.5324 \pm 1.0681 \text{ kg ha}^{-1}$ —residentes— y $19.2799 \pm 2.1698 \text{ kg ha}^{-1}$ —total de la población—. El intervalo de LT 30.0 a 34.9 cm representó la mayor aportación a la biomasa total, tanto en residentes ($2.4330 \text{ kg ha}^{-1}$) como en el total de la población ($7.4033 \text{ kg ha}^{-1}$).

La productividad de residentes fue $5.2970 \pm 1.3126 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y en el total de la población $12.2722 \pm 2.5500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

La densidad obtenida fue baja, inferior a la mayor parte de los ríos europeos (Acou *et al.*, 2011). A pesar de ello, el valor obtenido para el total de la población ($0.0477 \text{ individuos m}^{-2}$) es muy superior al valor crítico por debajo del cual la baja densidad promueve la producción exclusiva de hembras — $<1 \text{ individuo } 100 \text{ m}^{-2}$ — (Knights *et al.*, 2007).

En ausencia de alta mortalidad —natural o por pesca— la densidad viene determinada, en primer lugar, por el reclutamiento anual de angulas en el estuario (Naismith y Knights, 1993; De Leo y Gatto, 1996). En Europa, las mayores tasas de reclutamiento se producen en las zonas próximas a la Corriente Noratlántica y cercanas al borde de la plataforma continental donde los leptocéfalos se metamorfosean en angulas (Tesch, 2003). Por ello, las mayores densidades en poblaciones de anguilas se encuentran en las zonas atlánticas de Francia (Dekker, 2004; Bonhommeau *et al.*, 2010). Sin embargo, sí es similar a las densidades que se observan en poblaciones de la costa este del Reino Unido, conocidas por su bajo reclutamiento (Knights, 2011). En el río Guadiaro el reclutamiento se encuentra en fase de estudio (proyecto SUDOANG), pero los datos preliminares apuntan en esa dirección.

En segundo lugar, la densidad está determinada por las características de cada río —productividad, disponibilidad de hábitats, etc.—. Así, ríos aparentemente similares y sometidos a teóricos niveles de reclutamiento también similares, pueden exhibir densidades muy dispares entre ellos (Boulenger *et al.*, 2014).

Los máximos de biomasa se localizan en ríos muy productivos (Chadwick *et al.*, 2007) o en zonas donde la baja densidad promueve la existencia mayoritaria de grandes hembras —compensación entre baja densidad y alta biomasa— (Acou *et al.*, 2011). En el área de

estudio no se produce dicha compensación, ya que la mayor parte de la población está en torno a los 30 cm.

La estima de la supervivencia mensual para los residentes fue 0.9688 (LC al 95%: 0.05 y 0.03), la supervivencia anual $(0.9688)^{12} = 0.6836$ y la mortalidad anual 0.3164.

La supervivencia aumentó con la LT según la relación (análisis de regresión, $R^2=0.9892$; t (intercepción) = -72.817 , $p = 0.000$; t (LT) = 95.053 , $p=0.000$) (Lámina 6):

$$S = -0.893 + 0.058 \text{ LT} - 0.000446 \text{ LT}^2$$

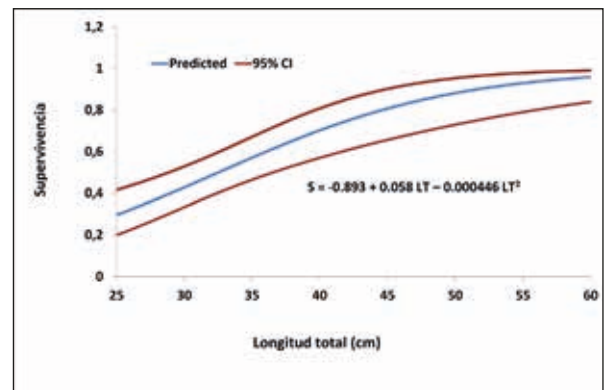


Lámina 6.- Relación entre la longitud total y la supervivencia mensual en la población de anguilas del río Guadiaro. Imagen de los autores

Esta relación se ha demostrado también en otras poblaciones europeas. La talla del individuo afecta positivamente a la supervivencia al actuar sobre la resistencia al estrés ambiental, el comportamiento trófico, la habilidad para eludir depredadores, etc. (Bevacqua *et al.*, 2011).

La mortalidad anual posee un valor intermedio entre las encontradas en otras poblaciones europeas. Es muy superior al valor general para la especie —0.138—, (Dekker, 2000) e inferior al máximo valor observado —0.56-0.66—, (Lobón Cerviá *et al.*, 1995). Se encuentra dentro de los límites predichos por el modelo de Bevacqua *et al.* (2011) según el cual existe una relación positiva entre la mortalidad natural y la temperatura. Así, la temperatura actuaría aumentando la tasa metabólica y provocando que las anguilas que habitan en zonas cálidas estén potencialmente sujetas a una mayor mortalidad acumulada. Sin embargo, este efecto se vería compensado dado que, en esas zonas, la temperatura actuaría acelerando el crecimiento, acortando así la

duración de la fase continental y provocando una migración a edades más tempranas que en las áreas de clima frío.

La mortalidad también está positivamente relacionada con la densidad de la población (Vøllestad y Jonsson, 1988; De Leo y Gatto, 1996). Sin embargo, en este estudio la densidad está muy por debajo de los 0.40 individuos m^{-2} que se considera el umbral para la aparición de fenómenos de mortalidad dependiente de la densidad (Acou *et al.*, 2011).

3.2. Territorialidad y movimientos

El estudio del comportamiento en relación con el uso del espacio se realizó utilizando los datos de marcado recaptura y las coordenadas UTM registradas para cada ejemplar en sus diferentes capturas (Herrera *et al.*, 2019).

Nuestros resultados revelaron movimientos relativamente cortos en relación con los obtenidos en otras poblaciones europeas. Según nuestra hipótesis, esto podría estar relacionado con la alta diversidad de hábitats y la baja densidad de población de anguilas en el área de estudio.

El tamaño del territorio mostró una alta variabilidad y dispersión entre las anguilas más pequeñas. Sin embargo, a medida que aumentaba la LT, la variabilidad disminuyó y los territorios utilizados por las anguilas incrementaron su tamaño. Estos cambios podrían estar asociados a la adquisición de un modo de vida sedentario una vez que la etapa transeúnte ha concluido.

En el estado sedentario —anguilas mayores de 35 cm de longitud—, se observó un patrón en sus movimientos aparentemente relacionado ciertos parámetros ambientales. Así, se observaron movimientos más amplios a medida que aumentaba el caudal de agua y disminuía la temperatura (Lámina 7).

3.3. Biología

La tasa de crecimiento diaria fue de 0.105 mm/día, valor intermedio al de otras poblaciones europeas (Lámina 8). Se trata de un parámetro biológico que aún está siendo objeto de estudio y que deberá ser validado tras la lectura de edades en las muestras de otolitos.

Más del 75% de los individuos capturados fueron inmaduros (estados FI y FII). El número

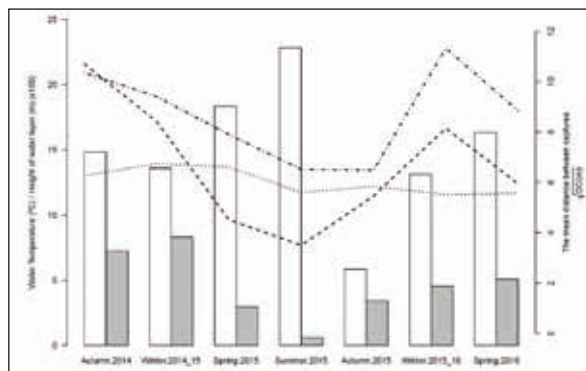


Lámina 7.- Tamaño medio de los movimientos (m) por intervalos de longitud del individuo. Línea de puntos: < 34.9 cm; línea discontinua: 35–39.9 cm; línea de puntos y rayas: > 40 cm. Promedios estacionales de temperatura del agua (°C, barras blancas) y la altura de la columna de agua (caudal, barras grises). Imagen de los autores

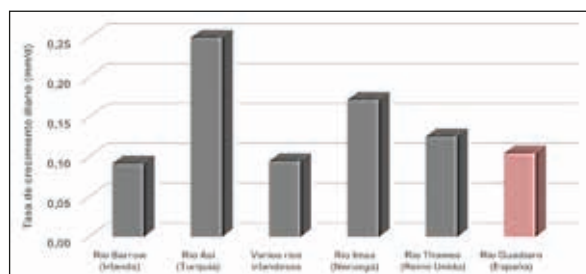


Lámina 8.- Tasa de crecimiento diario en distintas poblaciones europeas. Fuentes —de izq. a dcha.—: Moriarty, 1983; Yalçın-Özdilek *et al.*, 2006; Arai *et al.*, 2006; Vøllestad y Jonsson, 1986; Naismith y Knights, 1993; presente estudio. Imagen de los autores

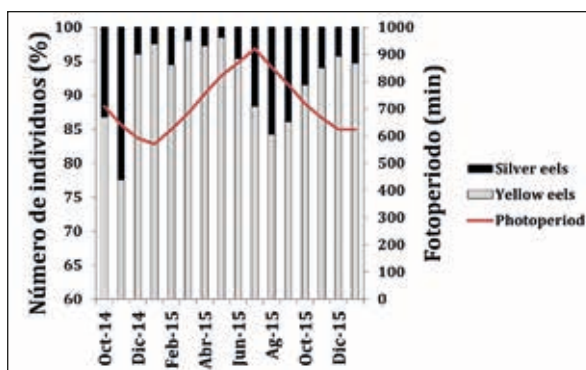


Lámina 9.- Proporción de individuos inmaduros —estados FI-FII— frente a pre-migrantes y migrantes —estados FIII-FV-MD— en la población de anguilas del río Guadiaro. Imagen de los autores

de individuos pre-migrantes (estado FIII) y migrantes (estados FV y MD) varió a lo largo del año según un patrón cíclico (Lámina 9). El número de anguilas plateadas (FV y MD) aumentó a partir de finales de primavera-

Tabla I.- Longitud media (cm) de los diferentes estados de maduración					
Población	Inmaduros		Pre-migrantes	Migrantes	
	F _I	F _{II}	F _{III}	F _V	MD
Guadiaro	28.2 ± 4.4	47.2 ± 4.5	54.6 ± 4.8	55.1 ± 3.2	35.1 ± 4.2
Durif <i>et al.</i> , 2005	39.9	52.6	65.8	64.4	39.3

Tabla 1

principios del verano hasta el máximo de finales de verano-inicio del otoño. A partir de ahí disminuyó a causa del inicio de la migración, periodo que abarca los meses de otoño-invierno y que se inicia con la caída del fotoperiodo, el descenso de las temperaturas y el incremento de la pluviosidad (Brujns y Durif, 2009).

En la actualidad, dentro del proyecto SUDOANG se está estudiando la productividad global de anguilas plateadas para el total de la cuenca.

La proporción de sexos (machos:hembras) fue 1.7:1.

La talla media en cada estado madurativo fue inferior a la de otras poblaciones (Tabla I) indicando que la maduración se produce a edades más tempranas (Kettle *et al.*, 2010).

4. CONCLUSIONES

La dinámica de la población está determinada por la presencia de dos fracciones:

- Residentes:
 - Sedentarios con alta territorialidad, el tamaño del territorio aumenta con la longitud del individuo, los movimientos presentan un patrón estacional.
 - LT generalmente > 30-32 cm.
- Transeúntes:
 - Nómadas y plateados en migración.
 - LT generalmente < 30 cm.
 - Estados predominantes FI (inmaduros) y FV-MD (migrantes).

Densidad media baja, inferior a otras poblaciones, pero insuficiente para producir únicamente hembras.

Con respecto a la biomasa, no se detectó compensación con la producción exclusiva de grandes hembras —la LT de la mayor parte de la población está próxima a 30 cm—.

La mortalidad en anguilas residentes se relacionó positivamente con la LT. No se detectaron fenómenos de mortalidad densidad-dependientes.

La tasa diaria de crecimiento presentó un valor intermedio al de otras poblaciones.

El plateamiento se inició en primavera y la migración en otoño, coincidiendo con la disminución del fotoperiodo. Todos los estados de maduración presentaron una LT inferior a los de otras poblaciones.

Este proyecto se ha realizado en el marco del convenio firmado entre la Junta de Andalucía y la Universidad de Córdoba, por el que se financian tareas de asesoramiento científico y colaboración para el desarrollo del Plan de Gestión de la Anguila en Andalucía.

A partir de 2018, la investigación en la cuenca del río Guadiaro ha recibido financiación a través del Programa Interreg Sudoe (Fondos FEDER) en el marco del proyecto SUDOANG (<https://sudoang.eu/es/>). ■

5. BIBLIOGRAFÍA

- Acou, A., Rivot, E., ... y Feunteun, E. (2011). "Habitat carrying capacity is reached for the European eel in a small coastal catchment: evidence and implications for managing eel stocks". *Freshwater Biology* (56), pp. 952-968.
- Als, T.D., Hansen, M., ... y Bernatchez, L. (2011). "All roads lead to home: panmixia of European eel in the Sargasso Sea". *Molecular Ecology* (20), pp. 1333-1346.
- Arai, T., Kotake, A. y McCarthy, T. (2006). "Habitat use by the European eel *Anguilla anguilla* in Irish waters". *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (67), pp. 569-578.
- Bevacqua, D., Meliá, P., ... y Gatto, M. (2011). "Intra-specific scaling of natural mortality in fish: the paradigmatic case of the European eel". *Oecologia* (165), pp. 333-339.
- Bonhommeau, S., Castonguay, M., ... y Le Pape,

- O. (2010). "The duration of migration of Atlantic *Anguilla* larvae". *Fish and Fisheries* (11), pp. 289–306.
- Boulenger, C., Crivelli, A., ... y Acou, A. (2014). "Difference in factors explaining growth rate variability in European eel subpopulations: the possible role of habitat carrying capacity". *Ecology of Freshwater Fish*, DOI: 10.1111/eff.12209.
 - Bruijs, M. y Durif, C. (2009). *Silver Eel Migration and Behaviour*. En: Springer: Van den Thillart, G., S. Dufour y J.C. Rankin (eds), Spawning Migration of the European Eel.
 - Chadwick, S., Knights, B., ... y Bark, A. (2007). "A long-term study of population characteristics and downstream migrations of the European eel *Anguilla anguilla* (L.) and the effects of a migration barrier in the Girnock Burn, north-east Scotland". *Journal of Fish Biology* (70) pp. 1535–1553.
 - Dekker W. (2000). "A Procrustean assessment of the European eel stock". *ICES Journal of Marine Science* (57), pp. 938–947.
 - Dekker, W. (2004). "On the distribution of the European eel and its fisheries". *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* (60), pp. 787-799.
 - De Leo, G. y Gatto, M. (1996). "Trends in vital rates of the European eel: evidence for density dependence?" *Ecological Applications* (6), pp. 1281–1294.
 - Drouineau, H., Rigaud, C., ... y Lambert, P. (2014). "EvEel (evolutionary ecology-based model for eel): a model to explore the role of phenotypic plasticity as an adaptive response of three temperate eels to spatially structured environments". *Canadian Journal Fisheries Aquatic Science* (71), pp. 1561–1571.
 - Drouineau, H., Durif, C., ... y Lambert, P. (2018). "Freshwater eels: A symbol of the effects of global change". *Fish and Fisheries*, doi.org/10.1111/faf.12300.
 - Durif, C., Dufour, S. y Elie, P. (2005). "The silvering process of *Anguilla anguilla*: a new classification from the yellow resident to the silver migrating stage". *Journal of Fish Biology* (66), pp. 1025-1043.
 - Durif, C, Guibert, A. y Elie, P. (2009). "Morphological discrimination of the silvering stages of the European eel". *American Fisheries Society* (58), pp.103-111.
 - Feunteun, E., Laffaille, P., ... y Acou, A. (2003). *A review of upstream migration and movements in inland waters by anguillid eels: toward a general theory*. En: Tokyo: Springer-Verlag, Aida, K., Tsukamoto, K. y Yamauchi, K., (eds). *Eel biology*, pp. 191-213.
 - Hayes, D., Bence, ... y Thompson, B. (2007). *Abundance, biomass and production*. En: Bethesda: American Fisheries Society, Guy, C. y Brown, M. (eds). *Analysis and interpretation of freshwater fisheries data*, pp. 327-374.
 - Herrera, M., Moreno Valcárcel, R., ... y Fernández Delgado, C. (2019). "From Transient to Sedentary? Changes in the Home Range Size and Environmental Patterns of Movements of European Eels (*Anguilla anguilla*) in a Mediterranean River". *Fishes*, doi:10.3390/fishes4030043.
 - ICES (2016). *Report of the Working Group on Eels (WGEEL)*, 15–22 September 2016, Cordoba, Spain.
 - ICES (2019). ICES. 2019. *Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*. *ICES Scientific Reports*. 1:50. 177 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5545>.
 - Kendall, W., Nichols, J. y Hines, J. (1997). "Estimating temporary emigration using capture-recapture data with Pollock's robust design". *Ecology* (78), pp. 563-578.
 - Kettle, A.J., Vøllestad, L. A. y Wibig, J. (2010). "Where once the eel and the elephant were together: decline of the European eel because of changing hydrology in southwest Europe and northwest Africa?" *Fish and Fisheries* 12 (4), pp. 380-411.
 - Knights, B., Bark, A. y Williams, B. (2007). *Management of European eel *Anguilla anguilla* (L.) populations in England and Wales: a critical review and pragmatic considerations*. En: Bethesda: American Fisheries Society Symposium 58, Casselman, J., (ed). *Eels at the Edge*.
 - Knights, B. (2011). *Eel Biology and the Status of Recruitment and Stocks*. En: Proceedings of the 2009 Conference; Eel Management: the State of the Art. Institute of Fisheries Management. Bunt, D. y Don, A. (eds), pp. 22-40.
 - Lobón Cerviá J., Utrilla, C. y Rincón, P. (1995). "Variations in the population dynamics of the European eel *Anguilla anguilla* (L.) along a course of Cantabrian river)". *Ecology of Freshwater Fish* (4), pp. 17-27.

- Moriarty C. (1983). "Age determination and growth rate of eels, *Anguilla anguilla* (L)". *Journal of Fish Biology* (23), pp. 257-264.
- Naismith, I. y Knights, B. (1993). "The distribution, density and growth of the European eel, *Anguilla anguilla*, in the freshwater catchment of the River Thames". *Journal of Fish Biology* (42), pp. 217-226.
- Righton, D., Westerberg, H., ... y Aarestrup, K. (2016). "Empirical observations of the spawning migration of European eels: The long and dangerous road to the Sargasso Sea". *Science Advances*, 2: e1501694.
- Vøllestad, L. y Jonsson, B. (1986). "Life-History Characteristics of the European Eel *Anguilla anguilla* in the Imsa River, Norway". *Transactions of the American Fisheries Society* (115), pp. 864-871.
- Vøllestad, L. y Johnsson, B. (1988). "A 13-year study of the population dynamics and growth of the European eel *Anguilla anguilla* in a Norwegian river: evidence for density-dependent mortality and development of a model for predicting yield". *Journal of Animal Ecology* (57), pp. 983-997.
- Tesch, F. (2003). *The Eel*. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science.
- Tsukamoto, K. (2009). "Oceanic migration and spawning of anguillid eels". *Journal of Fish Biology* (74), pp. 1833-1852.
- Yalçın-Özdilek, S., Gümüş, A. y Dekker, W. (2006). "Growth of European eel in a Turkish river at the South-Eastern limit of its distribution". *Electronic Journal of Ichthyology* (2), pp. 55-64.

Mercedes Herrera Arroyo / Carlos Fernández Delgado

Doctores en Ciencias por la Universidad de Córdoba

Cómo citar este artículo:

Mercedes Herrera Arroyo y Carlos Fernández Delgado (2021). "La anguila europea (*Anguilla anguilla*) en el río Guadiaro: parámetros biológicos y dinámica de la población". *Almoraima. Revista de Estudios Campogibaltareños* (54), abril 2021. Algeciras: Instituto de Estudios Campogibaltareños, pp. 175-184

