

E. Gaitán<sup>1\*</sup>, J. Ribalaygua<sup>1</sup>, J. Pórtoles<sup>1</sup>, R. Monjo<sup>1</sup>, E. Díaz<sup>2</sup>, M. Korta<sup>2</sup> y G. Chust<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fundación para la Investigación del Clima (FIC, <http://www.ficlina.org/>), [fic@ficlima.org](mailto:fic@ficlima.org)

<sup>2</sup> AZTI-Tecnalia, País Vasco, España

## Introducción

El estado de la población de Anguila europea es crítico. Su reclutamiento anual en aguas europeas en el año 2015 fue del 1.2% respecto al nivel del periodo 1960-1979 en la región del Mar del Norte y del 8.4% en el resto de Europa (ICES 2015). Hay un número de impactos antropogénicos potenciales que afectan a la población de anguila entre los que se encuentran, la explotación comercial, centrales hidroeléctricas, estaciones de bombeo y de captación de agua en superficie. Además, el primer estado de la anguila así como su migración como larva y supervivencia están fuertemente influenciados por factores oceánicos y climáticos ya que esta especie crece en el Mar de los Sargazos y migra hasta alcanzar las costas atlánticas europeas y del norte de África. Por lo tanto, el estudio de la relación entre el reclutamiento y las condiciones climáticas debería permitir estudiar el impacto potencial que el cambio climático podría tener sobre el reclutamiento de la anguila y por lo tanto en su stock.

En este estudio se han analizado las relaciones entre el reclutamiento de la anguila y los factores oceánicos y climáticos. Se tienen datos de la captura de anguilas desde comienzos de los años 50 en dos regiones mediterráneas y dos atlánticas. La relación de las capturas con las variables oceánicas y climáticas identificadas en la bibliografía establece el uso de un reanálisis oceánico, Simple Ocean Data Assimilation (SODA) y determina que variables están relacionadas significativamente con el número de capturas. El análisis muestra una relación significativa entre las capturas y las variables oceánicas (Temperatura oceánica, corriente oceánica, tensión superficial oceánica) y climáticas (índices de la NAO y de la AMO). Posteriormente, se ha aplicado los resultados de tres modelos oceánicos (GFDL-ESM2M, Can ESM2 y CNRM-CM5) pertenecientes al CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) bajo dos escenarios de emisiones para evaluar las posibles consecuencias del cambio climático en la anguila.

## La anguila europea

La anguila europea (*Anguilla anguilla*) tiene un ciclo de vida muy complejo que aún a día de hoy no se conoce completamente. Esta especie nace en el Mar de los Sargazos (aproximadamente entre los 22 y 30° norte y los 48 y 65° oeste) y por lo tanto, sus larvas son transportadas por las corrientes oceánicas hasta alcanzar los acantilados atlánticos de la costa europea y del norte de África, donde se transforman en anguilas. El proceso de migración puede durar hasta 2 años. Desde aquí, las anguilas migran corriente arriba, pasando en los ríos la mayor parte de su vida adulta hasta convertirse en anguilas maduras, momento en el que deben regresar al Mar de los Sargazos para reproducirse y morir. Este complejo ciclo de vida comprende diversos ecosistemas y largas migraciones, razones por las que las anguilas se exponen a diversas condiciones medioambientales que tienen una fuerte influencia en sus posibilidades de supervivencia.

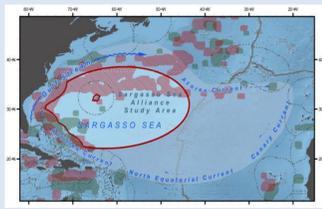


Fig 1. Área del Mar de los Sargazos según la Sargasso Sea Commission (<http://www.sargassoseacommission.org/>).

El volumen de capturas de la anguila europea ha sufrido un severo descenso como se observa en las series históricas de captura (Dekker, 2003). Entre las principales causas se encuentran los cambios oceánicos, la sobrepesca y la alteración en los ríos.

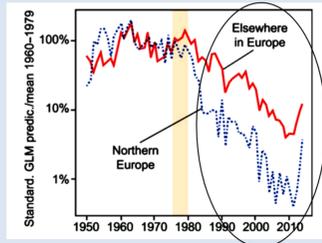
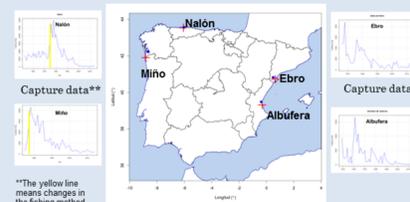


Fig.2 Descenso en las capturas de anguila europea (índice de reclutamiento) como se muestra en el informe del International Council for the Exploration of the Sea, 2015 (ICES - International Council for the Exploration of the Sea, <http://www.ices.dk>).

## Datos y área de estudio

### Área local de reclutamiento



\*\*The yellow line means changes in the fishing method.

### Datos climáticos\*

Modelo climático	Resolución espacial	Resolución temporal	Escenarios disponibles	Centro de investigación
GFDL-ESM2M	2°x2,5°	diaria	Historical RCP2.6 RCP4.5 RCP8.5 RCP6.0	National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), E.E.U.U.
CanESM2	2,8°x2,8°	diaria	Historical RCP2.6 RCP4.5 RCP8.5	Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis (CC-CMA), Canadá
CNRM-CM5	1,4°x1,4°	diaria	Historical RCP2.6 RCP4.5 RCP8.5	Centre National de Recherches Meteorologiques (CNRM), Météo-France, Francia

\* Datos de tres modelos pertenecientes al CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5).

### Análisis atlántico

Este estudio ha tenido en cuenta el área de reproducción de las anguilas y de su nacimiento como larvas en el Mar de los Sargazos. Cualquier posible cambio en el Mar de los Sargazos, como consecuencia de las futuras condiciones climáticas, impactará de forma significativa en la población de anguila ya que impacta de forma directa en sus condiciones de reproducción.

El Mar de los Sargazos es un área de límites imprecisos ya que fluctúa de acuerdo con las corrientes oceánicas que prevalecen en cada momento ya que son las encargadas de definir este particular espacio. Debido a la dificultad que supone definir esta zona, se han considerado cuatro áreas oceánicas con el fin de delimitar el área de influencia sobre la anguila.

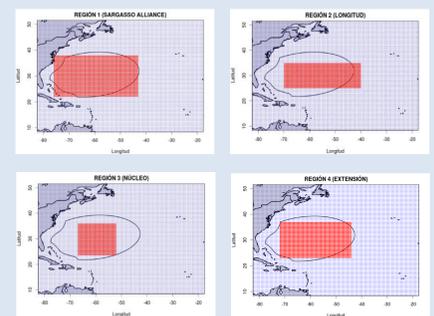


Fig.3. Definición geográfica (puntos rojos) de cada zona de estudio. Todos los puntos (rojos y azules) se corresponden con el grid del SODA. La elipse truncada se corresponde con el área de estudio de la Sargasso Sea Alliance. The Sargasso Sea Commission (<http://www.sargassoseacommission.org/>) es una organización científica centrada en el estudio y conservación del Mar de los Sargazos.

## Posibles causas del descenso

### Factores antropogénicos directos:

Sobre pesca  
Obstáculos en ríos: presas, embalses, etc.

### Factores de variabilidad natural:

NAO: cambios en las corrientes y el fitoplancton  
Corriente del Golfo: cambios en intensidad y extensión  
Ríos locales: variaciones en el nivel

### Factores debidos al cambio climático (natural + antropogénico):

Cambio en la extensión y durabilidad de diferentes sistemas (tormentas polares, anticiclón de las Azores etc) con influencia en el índice de la NAO.

Cambios en la temperatura del Atlántico Norte y en su salinidad debido al deshielo: efectos en la corriente del Golfo (menos intensidad y mas subsidencia).

Cambios en la precipitación local: variaciones en el caudal.

### Oceanic variables from the Oceanic Reanalysis SODA\*:

$TAU (\tau_w \tau_s) \equiv$  Surface downward stress  
 $U, V(0 - 300 m) \equiv$  Oceanic currents  
 $T(0 - 300 m) \equiv$  Oceanic temperature

> Indexes:  
AMO\*\* & winter NAO\*\*\* (Enfield *et al*, 2001; Cropper *et al*, 2015)

\* SODA (Simple Ocean Data Assimilation - <http://www.atmos.umd.edu/~ocean/>) (Carton *et al*, 2008).  
\*\* AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation): Surface temperature anomalies (not tend) of the North Atlantic (0 to 70° N) (Enfield *et al*, 2001)  
\*\*\* NAO: (North Atlantic Oscillation) Ponta Delgada (Azores, Islands Portugal) and Reykjavik (Iceland) (Cropper *et al*, 2015).

## Resultados

Variable estudiada*	Temperatura oceánica (120-300m)	TAUX (componente x)	Corriente oceánica (componente x)	Índice AMO	Índice NAO
Relación entre variable estudiada y reclutamiento	—	+	+	—	—
Evolución predicha de la variable estudiada**					
Efecto esperado en la población de Anguila	Descenso en el reclutamiento	Descenso en el reclutamiento	Descenso en el reclutamiento	Descenso en el reclutamiento	Descenso en el reclutamiento

\* Relaciones entre las variables estudiadas y el reclutamiento determinadas según el reanálisis SODA (Simple Ocean Data Assimilation - <http://www.atmos.umd.edu/~ocean/>) (Carton *et al*, 2008).

\*\* Resultados de los modelos climáticos (GFDL-ESM2M, CanESM2 and CNRM-CM5), asociados al CMIP5 (the Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) bajo dos escenarios de emisiones, ambos asociados al quinto informe de IPCC5.