

BIOLOGIA Y CULTIVO DE *SOLEA SENGALENSIS* KAUP, 1858
EN EL GOLFO DE CADIZ

Ramón Rodríguez Martínez

El trabajo que constituye esta Tesis Doctoral ha sido realizado en el Instituto de Investigaciones Pesqueras de Cádiz, dentro de un programa general de investigación sobre las especies marinas de interés para el desarrollo de la acuicultura en la zona, y del aprovechamiento de los esteros como establecimientos para cultivos marinos.

Los objetivos del trabajo, necesariamente amplios a causa del desconocimiento de la biología de la especie en muchos aspectos, se han planteado a tres niveles: ampliar la información sobre algunos aspectos de la biología de *Solea senegalensis*, resolver los problemas básicos que condicionan su cultivo, y evaluar el nivel de producción de lenguado del sistema de policultivo extensivo que actualmente se realiza en los esteros de las salinas de Cádiz.

Dentro del primer punto, se ha incidido en el estudio de la biometría y merística de la especie, datos necesarios para comple-

Tesis Doctoral leída el 3 de Diciembre de 1984 en la Facultad de Biología de la Universidad de Sevilla, ante un tribunal compuesto por los siguientes Profesores: Presidente, Prof. Dr. D. Fernando Pablos Casanovas; Vocales, Prof. Dr. D. José Luis López Campos, Dr. D. Manuel Blasco Ruiz, Dr. D. José María Delgado y Dr. D. Emilio Pascual Vázquez. Obtuvo la calificación de Sobresaliente "cum laude", y fue dirigida por el Dr. D. Emilio Pascual Vázquez.

mentar su definición taxonómica y para posteriores estudios sobre su variabilidad geográfica. Se ha realizado asimismo un estudio de la reproducción a nivel histológico, estableciendo tanto el ciclo ovárico como el ciclo anual reproductivo; el conocimiento de las características de la reproducción, aparte del interés que presenta por sí mismo, es fundamental para el desarrollo de una técnica eficiente de cultivo.

Respecto al segundo punto, se hace una revisión de las experiencias realizadas en laboratorio sobre la inducción hormonal de la maduración y puesta en la especie, y se evalúan los resultados obtenidos hasta la fecha y la eficacia del extracto de hipófisis de atún (Thunnus thynnus) como agente inductor de la gametogénesis y de la maduración, producto de uso hasta ahora inédito en acuicultura.

Por último, se ha realizado una evaluación de los niveles actuales de producción de lenguado en los esteros, y se intenta determinar qué factores del medio y características del sistema de cultivo determinan o influyen dicha producción; estos datos complementan a otros trabajos que actualmente se desarrollan sobre el tema.

Para el estudio de la biometría (crecimiento relativo) de la especie se ha considerado un total de 20 variables morfométricas, además del sexo. La técnica de análisis ha consistido en la aplicación de un modelo de regresión lineal simple, y el posterior agrupamiento de las variables según su similitud de crecimiento, determinada por un método de análisis de varianzas para la comparación de líneas de regresión. Dicho método de análisis ha puesto de manifiesto la existencia de cinco grupos de variables, caracterizadas por presentar una tasa de crecimiento relativo común frente a la longitud total. La composición de variables de los grupos resultantes se ha relacionado con la función que realizan los órganos a que hacen referencia desde el punto de vista de la dinámica de la traslación y de la natación, que se describe detalladamente, o bien de la relación anatómica que existe entre ellos. Se ha encontrado también una marcada asimetría en el crecimiento relativo de las gonadas en la hembra, que se atribuye a un impedimento anatómico reflejo de la asimetría somática, que limita el desarrollo del ovario izquierdo

No se ha encontrado dimorfismo sexual en las distribuciones de frecuencia de los caracteres merísticos estudiados. En el Golfo de Cádiz, la especie Solea senegalensis se puede caracterizar por los siguientes valores merísticos:

Variable	Media	N	Desviación estándar	Intervalo de variación
Radios dorsales	87,27	275	3,00	79-95
Idem anales	70,74	275	2,52	64-78
Idem pectorales	8,77	273	0,61	7-10
Vértebras pre-torácicas	3,99	195	0,10	3-4
Idem torácicas	4,99	195	0,22	4-6
Idem precaudales (pretor.+tor.)	8,99	230	0,20	8-10
Idem caudales	36,13	230	0,72	33-38
Idem totales	45,12	230	0,71	42-47

La ovogénesis en la especie se ha estudiado examinando muestras mensuales obtenidas en la Lonja del puerto de Barbate (Cádiz). Se realizaron secciones del ovario para su estudio al microscopio óptico; los métodos de tinción utilizados fueron los de hematoxilina-eosina y hematoxilina-VOF de Gutiérrez. En la ovogénesis de Solea senegalensis se ha diferenciado morfológicamente cuatro fases principales sucesivas en el tiempo: previtelogénesis, vitelogénesis, maduración y atresia; las tres primeras coinciden con el desarrollo progresivo del ovocito, y la última con su degeneración. Cada una de ellas se puede subdividir a su vez en estados y estadios con criterios puramente morfológicos. Se han encontrado tres tipos de inclusiones vitelinas: vesículas de vitelo, inclusiones lipídicas y gránulos de vitelo, que presentan una ordenación tanto espacial como temporal en su desarrollo. El ciclo ovárico de la especie está constituido por cinco fases sucesivas en el tiempo y bien caracterizadas morfológicamente: inmadurez o reposo, maduración, freza, recuperación y regresión; aparece también un estado abortivo posiblemente relacionado con factores ambientales. La actividad reproductora de la

especie se extiende durante una gran parte del año, lo que indica una relativa independencia del proceso de factores externos como el fotoperiodo y la temperatura.

Respecto a las experiencias de inducción hormonal de la maduración y puesta en el lenguado Solea senegalensis, en las condiciones experimentales descritas la hormona estimulante de la hormona luteinizante de Mamíferos no ejerce efecto sobre el proceso de maduración en ejemplares adultos en fase de reposo sexual. Por otra parte, tanto el extracto de hipófisis desecada de atún como el de carpa son agentes hormonales efectivos para inducir y mantener el proceso madurativo completo en ejemplares adultos en fase de reposo sexual. El extracto de hipófisis de atún mostró en los ensayos menor potencia que el de carpa; este hecho se atribuye a la desnaturalización de la o las sustancias hormonales presentes en el extracto durante el tiempo transcurrido entre la muerte de los donantes y la fijación de la glándula. La dosis total óptima de hipófisis de atún a administrar oscila entre 100 y 125 mg por Kg de peso vivo inicial, administrados en varias dosis de concentración comprendida entre 10 y 20 mg/Kg, con una periodicidad de 72 horas. El extracto de hipófisis de atún extraídas de ejemplares capturados en la fase de "revés" es inefectivo, a las dosis experimentadas, como agente inductor de la maduración; la causa se atribuye a que los donantes se hallan en esta fase en un periodo de regresión sexual, con una probable disminución de la cantidad total de gonadotropina presente en la hipófisis. El proceso madurativo inducido artificialmente se mantiene y progresa bajo el efecto de las sustancias hormonales administradas, con escasa o nula intervención de la o las gonadotropinas endógenas. A la maduración inducida artificialmente con extracto de pituitaria de atún, sigue un periodo refractario a un nuevo tratamiento hormonal, que se prolonga al menos durante dos meses, y que no tiene su causa en un fenómeno de inmunización frente al extracto inyectado o alguno de sus componentes. Tras un periodo de adaptación suficiente, el lenguado Solea senegalensis es capaz de madurar y frezar espontáneamente en cautividad, pudiendo realizar una misma hembra más de una puesta. La viabilidad de las puestas naturales así obtenidas es superior a la de aquéllas realizadas tras inducción hormonal.

La producción de lenguado en policultivo extensivo en los esteros de Cádiz alcanza niveles muy bajos, en comparación con la obtenida de las restantes especies que se cultivan. Con pocas excepciones, la producción de lenguado en peso y número, y los valores del rendimiento y la densidad, son los mínimos de todas las especies cultivadas en los esteros. Por lo que respecta a la estructura de la población de lenguado en cultivo en los esteros, la clase de edad 0+ es la más abundante en todos los años estudiados; le sigue el conjunto de las clases de edad 1+ y 2+, y a continuación las restantes clases de edad. El claro predominio de la clase 0+ es una consecuencia de la ausencia de selección por tamaño de la producción de lenguado. Se ha establecido también que la clase 0+ está formada por al menos dos grupos de individuos, diferenciables por las distribuciones de frecuencia correspondientes y por su tasa de crecimiento, que provienen probablemente de los distintos reclutamientos producidos durante la amplia época reproductora de la especie. El estudio de la influencia de diversos factores ambientales y de las características del sistema de cultivo sobre la producción de lenguado, ha puesto de manifiesto que la cantidad de juveniles capturados en un estero es función de su superficie y de su número de compuertas, factores que explican una parte de la variabilidad observada en la captación; otras variables, como la situación del estero y la duración de la etapa de captación no presentan una influencia estadísticamente significativa sobre la captación. El crecimiento en longitud de los individuos pertenecientes a la clase de edad 0+ no está determinado por factores como la duración de la etapa de engorde y la densidad de ejemplares en cultivo. Se considera que sería el peso medio de dichos individuos, y no la talla media, la variable más adecuada para reflejar la posible influencia de dichos factores sobre el crecimiento. Por último, la producción total en peso de lenguado de un estero ha resultado depender exclusivamente de la cantidad de juveniles captados durante la temporada, sin que presenten influencia estadísticamente significativa otros factores como la cantidad de ejemplares de lenguado de otras edades, la cantidad total de ejemplares de todas las especies en cultivo, la duración de la etapa de engorde y la superficie del estero.