Especies emergentes en la acuicultura europea: La cherna.



Juan Manuel Martínez Vázquez







Índice

<u>Introducción</u>	
 El proyecto DIVERSIFY La Cherna	3 4
Material y métodos	
Stocks de reproductoresEjemplares de lonja	7 11
Resultados	
 Tamaño y maduración de los reproductores Tamaño y maduración de los ejemplares de lonja 	12 14
<u>Discusión</u>	
Determinación sexual	16
 Tamaño y época de maduración sexual 	17
 Desarrollo embrionario y cultivo larvario 	20
Perspectivas de cultivo para la cherna y otras especies afines	20
Conclusiones	23
Agradecimientos	23
Bibliografía	24

Introducción

El proyecto DIVERSIFY

Actualmente en la Unión Europea únicamente el 10% de los productos marinos que se consumen proceden de industrias acuícolas de la propia U.E., mientras que el consumo de productos importados es del 65% del total (Bianci, 2012). Esta situación puede atribuirse a la escasa diversidad de productos de acuicultura actuales, y en mayor medida, a una oferta muy limitada de diferentes tipos de productos acuícolas procesados (EATIP 2012).

Pese a que en Europa se cultivan 35 especies diferentes (incluyendo teleósteos, invertebrados y algas), la producción de pescado tanto en volumen de producción como en valor comercial está dominada por unas pocas especies, como el salmón atlántico (Salmo salar), la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss), la carpa común (Cyprinus carpio), la lubina (Dicentrarchus labrax) y la dorada (Sparus aurata). Esta focalización ha derivado en un limitado número de productos acuícolas en la mayoría de los mercados, a la par que se han generado episodios de grandes caídas de precios cuando la producción de alguna de estas especies ha superado su demanda, causando que los beneficios apenas superen los costes de producción. (EATIP 2012)

Con el objetivo de apoyar la diversificación de la industria acuícola europea y ayudar en el desarrollo, expansión y consolidación de nuevos mercados surge el proyecto "Enhancing the European aquaculture production by removing production bottlenecks of emerging species, producing new products and accessing new markets", o más conocido por su acrónimo, DIVERSIFY. Este proyecto está fundado al amparo del 7º Programa de Trabajo de la Comisión Europea (7FP-KBBE-2013) y cuenta con la participación un total de 38 colaboradores de diversos países, entre los que se encuentran instituciones científicas y académicas, así como algunas grandes y medianas empresas del sector.

El proyecto pretende, en los próximos 5 años, aportar los conocimientos y la zootecnia necesarios para iniciar experiencias de producción a escala comercial de 6 nuevas especies con elevado potencial para su cultivo. Estas especies han sido seleccionadas basándose en criterios biológicos (rápido crecimiento, alta adaptabilidad a las condiciones de cultivo...) y económicos (buenos precios de venta, tecnología disponible procedente de cultivos similares...).Las especies elegidas son: la corvina (*Argyrosomus regius*), la seriola (*Seriola dumerili*), el halibut atlántico (*Hippoglossus hippoglossus*), el mújol (*Mugil cephalus*), la lucioperca (*Sander lucioperca*), y la cherna (*Polyprion americanus*).

La Cherna

La cherna (*Polyprion americanus*, Bloch & Schenider, 1801), también llamada mero de roca (Figura 1), o simplemente mero en algunas regiones, como Galicia, es una especie de la familia *Polyprionidae*, extendida por gran parte del mundo (Figura 2).



Figura 1. Ejemplar de cherna (*Polyprion americanus*)

Durante su fase juvenil tiene hábitos pelágicos, agrupándose bajo restos a la deriva (Deudero y Morales-Nin, 2000). Cuando inician la fase adulta, entre los 56 y 65 cm, migran a mayores profundidades, entre 100 y 1000 metros, adoptando hábitos de vida demersales, frecuentando fondos rocosos y restos naufragados, lo que da origen a su denominación inglesa: "wreckfish" (Suquet y La Pomélie, 2002). Los adultos pueden alcanzar los 100 kg de peso, aunque las tallas comerciales normalmente se sitúan entre los 5 y los 20 kg.

Aunque no existe una pesquería centrada específicamente en la cherna, en la última década ha aumentado la presión pesquera sobre esta especie, tanto a nivel de pesca deportiva como comercial, y consecuentemente también lo han hecho las toneladas desembarcadas al año. Debido a que su carne es muy apreciada, los precios medios anuales en lonja rondan los 15€/kg de forma estable, aunque en ocasiones alcanzan los 40€/kg en la primera venta (Tabla 1).

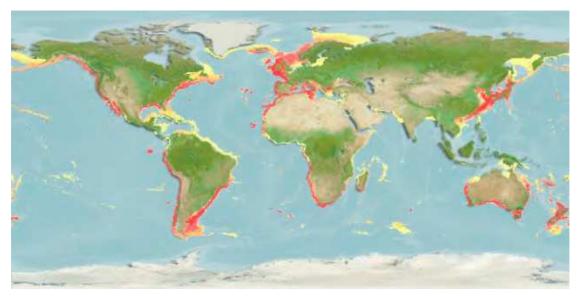


Figura 2. Mapa de distribución de la cherna (*Polyprion americanus*). En rojo, zonas con mayor probabilidad de aparición. Fuente: www.fishbase.org

Descripción	Data	Kilos	Importe €	Mín. €/Kg	Máx. €/Kg	Medio €/Kg
Cherna	2001	203	1935,27	9,28	16,23	9,53
Cherna	2002	3610	44793,93	7	16,5	12,41
Cherna	2003	4451	54426,72	8,3	18,5	12,23
Cherna	2004	169	3822	8	24	22,62
Cherna	2005	5913,5	83413,44	4,2	27,3	14,11
Cherna	2006	12761,25	175670,89	6,35	28,8	13,77
Cherna	2007	102434,66	1315116,94	4	25,4	12,84
Cherna	2008	52568,2	759303,53	4,75	35	14,44
Cherna	2009	41041,7	586908,62	9,3	30	14,3
Cherna	2010	12072,8	211416,99	3,5	39,5	17,51
Cherna	2011	8741,66	149333,81	3,5	34,25	17,08
Cherna	2012	16786,1	259728,24	7,3	30,33	15,47
Cherna	2013	19267,6	290374,83	6,25	36	15,07
Cherna	2014	6228,75	91646,95	10,67	23,73	14,71
Total		286249,22	4027892,16			

Tabla 1. Evolución de los precios y los kilos desembarcados de cherna en la lonja de Vigo desde el año 2001 hasta junio de 2014. Fuente www.pescadegalicia.com

Es una especie con gran potencial para su futura explotación en la industria acuícola. Ha demostrado tener una fácil adaptación a la vida en cautividad, y presenta un comportamiento dócil, que hace muy sencillo el manejo pese a su tamaño (Peleteiro *et al.* 2011.).

Se trata una especie carnívora que en su entorno natural depreda otros peces, cefalópodos y crustáceos (Haimovici *et al.* 1994), pero muestra una buena aceptación de piensos secos y semihúmedos como alimento. Experiencias de cultivo previas han demostrado un crecimiento muy rápido de ejemplares estabulados procedentes del medio natural, llegando a incrementar su peso de 1kg. a 5 kg. en un período de 10 meses (Rodríguez-Villanueva *et al.* 2011).

La maduración sexual es lenta, alcanzándose en torno a los 5-10 años de vida.

Pese a que su reproducción en cautividad ha demostrado ser viable (Fauvel *et al.* 2008; Papandroulakis *et al.*, 2008; Peleteiro *et al.*, 2011), al ser una especie aún en fase experimental las pruebas de cultivo no son abundantes, y aún hay aspectos de su reproducción que necesitan ser optimizados antes de implementar esta especie como una opción rentable para el sector acuícola.

Las fases iniciales del proyecto DIVERSIFY sobre la cherna, se centran en profundizar en los mecanismos que influyen y determinan aspectos clave de su biología reproductiva, como la maduración gonadal de la especie. Este es uno de los principales problemas que se han de resolver para conseguir un mayor control sobre la reproducción, para en un futuro asegurar el suministro de lotes de huevos fecundados, cerrando así el ciclo de la especie en cautividad. La presente memoria aborda estas cuestiones, mediante el estudio del estado de maduración tanto en ejemplares vivos de los stocks de reproductores presentes en Galicia, como en ejemplares salvajes obtenidos en lonja, además de realizar una revisión de los avances conseguidos en el cultivo de esta especie hasta la fecha.

Material y métodos

Para el presente estudio se han utilizado ejemplares estabulados en diversos centros de investigación y acuarios de exhibición de Galicia, así como ejemplares muertos obtenidos en la lonja.

Stocks de reproductores

Actualmente existen en Galicia 5 stocks de chernas salvajes estabuladas, que en total suman 95 individuos. Su fin es la producción gametos y huevos fecundados, por lo que de ahora en adelante nos referiremos a este conjunto de ejemplares como stocks de reproductores. Estos ejemplares fueron capturados en su fase juvenil o de subadultos mediante palangres de fondo, o mediante redes en restos flotantes. Para su identificación y seguimiento individual, todos estos ejemplares llevan implantado un chip subepidérmico que emite un código de lectura único.

La determinación del sexo de cada ejemplar se realiza en base al tacto y forma de las gónadas que se detecta al palpar la zona abdominal en animales sexualmente maduros. Además en algunos casos se ha podido confirmar mediante el análisis de las concentraciones de esteroides sexuales en sangre (valores superiores a 0,3 ng/ml de testosterona en machos o de estradiol en hembras durante la época de maduración gonadal). También se ha observado que en las hembras, existen dos orificios diferenciados junto al ano, uno correspondiente al gonoporo y el otro al poro urinario, mientras que en los machos el sistema reproductor y el renal confluyen en un único orificio urogenital. No obstante, esta diferencia no siempre es fácil de observar, siendo complicado en algunos individuos jóvenes determinar el número de orificios.

El número de ejemplares y las condiciones de estabulación difieren bastante entre los stocks, por lo que es conveniente definir las características de cada caso:

• Centro Oceanográfico de Vigo (C.O.V.): Este stock, fundado en junio de 2009 a partir de ejemplares procedentes del Aquarium de O'Grove, está compuesto por 9 chernas. Están ubicadas en un tanque rectangular de 120 m³ (Figura 3), y en oscuridad constante excepto durante los procesos de alimentación y mantenimiento. Dicha alimentación se compone de pienso semihúmedo

elaborado con pescado, mejillones, harina de calamar y aceite. El pienso se administra dos veces por semana y de forma manual *ad libitum*. El tanque dispone de dos rebosaderos de agua equipados con mallas de 300µm para la recolección de huevos liberados espontáneamente. El tamaño de los animales varía entre los 8 y los 18 kilogramos de peso. 3 de los animales han sido clasificados como machos, 4 como hembras y en 2 aún no se ha podido determinar con exactitud.



Figura 3. Tanque de reproductores del Centro Oceanográfico de Vigo.

• Instituto Gallego de Formación en Acuicultura (I.Ga.F.A.): Constituido por 12 peces, situados en un tanque rectangular de 40 m³ al aire libre, cubierto por una malla sombreadora. El peso abarca un rango entre los 10 y los 18 kg (Figura 4). Se estima que 5 de los ejemplares son hembras, 6 machos y 1 queda indeterminado. Su alimentación es a base de pienso seco específico para reproductores de rodaballo, cuya aceptación por parte de las chernas es muy buena.



Figura 4. Tanque de reproductores estabulados en el I.Ga.F.A.

• Aquarium Finisterrae: Se trata del mayor de los stocks de reproductores, analizados en esta memoria. Cuenta con 28 ejemplares, con pesos de 13 a 33kg. Los animales habitan el tanque de exposición Nautilus, en el que conviven con otras especies como tiburones toro, corvinas, besugos, seriolas...(Figura 5A) El tanque tiene forma toroidal una capacidad de 3500 m³, con una temperatura que varía entre 11-21° C, y un fotoperiodo de 12 horas de luz. De todos los animales del stock 14 se han identificado como hembras, 10 como machos y en 4 el sexo permanece por ahora indeterminado. Su alimentación es *ad libitum* y se compone de bacaladilla, caballa y calamar congelado.

Adyacente a este tanque, y conectado a través de un corredor acuático con dos compuertas en los extremos, hay un tanque de aislamiento de 70m³ utilizado durante los procesos de muestreo.

Para este stock se cuenta además con un tanque auxiliar de fibra de vidrio circular, con una capacidad de 33 m³, en el que aislar a los ejemplares con una madurez sexual más avanzada, y recolectar de forma más sencilla los gametos liberados (Figura 5B).

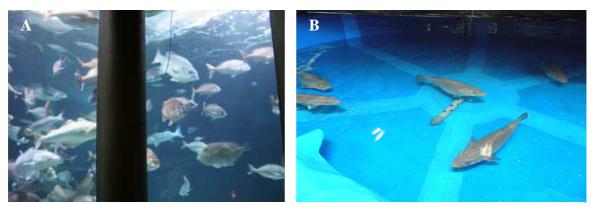


Figura 5. A:Tanque Nautilus; B: Tanque auxiliar para reproductores.

Aquarium de O'Grove: Pequeño stock de 7 chernas aún inmaduras, por lo que no se disponen de datos fiables sobre la distribución de sexos. Viven en un tanque de exposición de 25 m³, en el que conviven con varias pastinacas (Figura 6). Fotoperíodo de aproximadamente 12 horas de luz diarias. Alimentación a base de pescado congelado.



Figura 6. Tanque de chernas en el Aquarium de O'Grove.

Existe además un quinto stock estabulado en la piscifactoría de Valdoviño, perteneciente al grupo empresarial Isidro de la Cal. Está compuesto por un total de 39 ejemplares, distribuidos en 4 tanques circulares de 130m³, pero que no será analizado en esta memoria.

De todos estos ejemplares se han obtenido muestras de sangre a partir del arco branquial. Para conseguirlo, las chernas fueron previamente anestesiadas con un baño de fenoxietanol al 0,3ml/l que se realiza en contenedores de 100 litros con agua marina. Las muestras se centrifugaron a 3000G durante 15 minutos a 4°C de temperatura, con el fin de separar el plasma de las células sanguíneas, y posteriormente se conservaron en frío a -20°C. Estas muestras servirán para futuros análisis de presencia de esteroides en sangre.

También durante este procedimiento se obtuvo de cada animal un fragmento de aleta caudal, que fue conservado en alcohol de 96 º para análisis genéticos, y para realizar en un futuro pruebas de paternidad de las puestas que se obtengan de estos ejemplares.

Entre febrero y junio, los stocks fueron muestreados mensualmente, comprobando su talla, peso, y estado de maduración sexual palpando la zona abdominal donde se sitúa la gónada. En estos casos, para agilizar estos procesos de muestreo y dado que el carácter dócil de las chernas así lo permite, no se recurrió al anestesiado de los animales. En su lugar se hizo descender el nivel del agua de los tanques hasta aproximadamente una profundidad de 1 -1,20 metros de profundidad y se procedió a realizar los muestreos en los propios tanques, manipulando a los animales por medio de una camilla de acuario.

En el caso del Aquarium Finisterrae, las chernas eran previamente separadas en el tanque de aislamiento, donde se procedía al muestreo (Figura 7A).

El estado de maduración sexual puede estimarse en función del abultamiento y dureza de la zona abdominal. Este engrosamiento es especialmente notable en las hembras de mayor tamaño y una maduración más avanzada, en las que el contorno corporal aumenta notablemente su perímetro. En aquellos casos en los que se sospechaba que un ejemplar podría estar maduro, se intentó obtener muestra de gametos mediante masaje abdominal, o canulación. (Figura 7B).

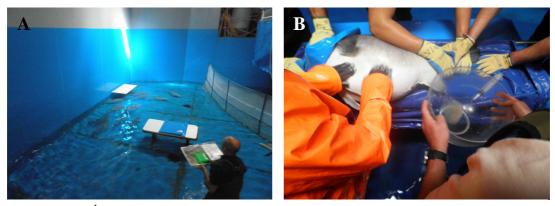


Figura 7. A: Área de muestreo en el Aquarium Finisterrae. B: Extracción de ovocitos por masaje abdominal.

Ejemplares de lonja

Para ahondar en el conocimiento de la biología de la especie y su sistema reproductor, se analizaron más en profundidad determinados tejidos, como las gónadas o el hígado, recolectando los paquetes viscerales de 20 chernas salvajes descargadas en la lonja de Vigo.

Se tomaron *in situ* las medidas morfométricas de cada uno de estos animales, y una muestra de aleta caudal para análisis genético. Los ejemplares fueron posteriormente eviscerados en las propias instalaciones de la lonja, vaciando la cavidad abdominal prestando especial cuidado en no dañar las gónadas durante la extracción (Figura 8.).



Figura 8. Extracción del paquete visceral de una cherna en la lonja de Vigo.

Los paquetes viscerales se trasladaron al Centro Oceanográfico de Vigo, donde se separaron y pesaron los principales órganos de interés (gónadas e hígado). De estos tejidos se extrajeron muestras para su liofilización, y posterior análisis de contenido de ácidos grasos en el Centro de Investigaciones Marinas de Corón (C.I.M.A.).

De la gónada, tras determinar su sexo y estado de maduración, también se preservaron muestras tanto

en alcohol de 96° como en RNAlater para análisis genéticos posteriores. También se cortaron secciones de este tejido para realizar pruebas de histología. Los cortes histológicos se fijaron con formol tamponado al 4% y se tiñeron con hematoxilinaeosina.

Resultados

Tamaño y maduración de los reproductores

El tamaño medio (expresado en peso) es bastante similar entre sí en el caso de los stocks del C.O.V. y el I.Ga.F.A., pero son significativamente menores respecto al del Aquarium Finisterrae. Las chernas del stock del Grove son las más pequeñas de los cuatro stocks (Tabla 2).

Stock	Peso medio (Kg.)	Peso máx. (Kg.)	Peso min.(Kg.)	Talla media(Cm.)
C.O.V.	13,1	17,9	8,0	83,4
I.Ga.F.A.	12,9	18,5	10,3	83,8
Aq. Finisterrae	19,1	33,6	13	89,7
Aq. Grove	10,7	12,8	5,4	76

Tabla 2. Principales medidas morfométricas de los stocks de reproductores

El inicio de la época de maduración sexual se detectó en marzo (Figura 9), no observándose signos claros de maduración de ningún ejemplar durante el mes de

febrero. De los 56 ejemplares que componen los cuatro stocks analizados, únicamente 17 mostraron una maduración avanzada en algún momento del período de muestreo (9 machos y 8 hembras).

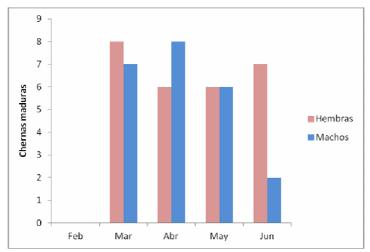


Figura 9. Evolución del número de chernas maduras entre los meses de Febrero y Junio de 2014.

La maduración sexual es más patente en el stock del Aquarium Finisterrae, en el que 14 de los ejemplares mostraron signos de maduración (7 hembras y 7 machos). De éstos, 2 machos y 5 hembras fueron trasladados al tanque auxiliar.

Del stock del C.O.V. únicamente dos machos presentaron un buen grado de maduración, obteniendo sendas muestras de esperma. Ninguna de las hembras de este stock mostró signos de maduración avanzada.

En cuanto las chernas del I.Ga.F.A., únicamente se apreció cierto grado de maduración sexual en una hembra de 18 kg (la mayor del stock), aunque no se consiguieron extraer gametos. El resto del grupo apenas mostró expansión del tejido gonadal.

El diámetro medio de los ovocitos obtenidos fue de $941,3 \pm 135 \,\mu m$. si bien el rango abarca desde los 876 hasta los 1143 μm . Su contorno es completamente esférico, aunque pueden presentar algunas irregularidades en su superficie. El color varía de entre un amarillo casi transparente a un naranja pálido en función al estado de maduración, con una gota de grasa central, aunque muchos muestran varias gotas menores asociadas.

En aquellos muestreos en los que se consiguió obtener esperma y ovocitos se realizaron fecundaciones artificiales. Sin embargo la mediocre calidad de los gametos derivó en unas bajas tasas de fecundación, por lo que no se continuó con el proceso de incubación y cultivo larvario de las puestas.

En el período de tiempo durante el que se realizaron estos estudios murió un ejemplar del stock del Aquarium Finisterrae, a causa de las lesiones internas derivadas de una obturación e inflamación del gonoporo (Figura 10A). La obturación se produjo a raíz de un tapón de ovocitos sobremaduros que formaron una masa enquistada, de forma que al entrar la gónada en fase de hidratación, la consecuente expansión de este tejido causó las lesiones (Figura 10B). La hembra pesaba 23 kilos, de los cuales, 5 correspondían a gónada.

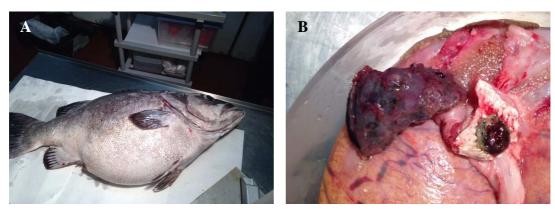


Figura 10. A: Hembra sobremadura muerta. Peso: 23 kg. B: Ovocitos enquistados en el tramo final del gonoporo.

Tamaño y maduración de los ejemplares de lonja

Se muestrearon un total de 20 chernas desembarcadas en la lonja. Sus datos morfométricos se muestran en la Tabla 3.

			Perímetro		
Nº pez	Peso (Kg.)	LT (Cm.)	(Cm.)	IGS	IHS
1	8,3	80	54	0,24	0,76
2	6,3	68	52	0,08	1,44
3	7,9	78	58	0,09	0,75
4	8,2	81	56	0,04	1,33
5	9,1	79	53	0,03	1,46
6	7,5	80	55	0,25	0,98
7	6,8	76	51	0,02	0,89
8	6,3	74	50	0,02	1,24
9	7,6	76	54	0,27	1,86
10	8,4	82	55	0,10	1,67
11	6,1	71	55	0,21	1,13
12	6,8	72	56	0,17	1,91
13	10,3	85	61	0,39	1,03
14	7,2	74	54	0,06	1,20
15	5,1	68	48	0,16	0,92
16	3,6	56	44	0,11	1,34
17	4,0	60	46	0,18	0,74
18	7,1	74	54	0,26	1,14
19	7,3	74	55	0,45	1,27
20	18,0	98	81	0,65	2,87

Tabla 3. Principales medidas morfométricas de las chernas muestreadas en lonja. LT: Longitud total, IGS: índice gonadosomático, IHS: índice hepatosomático.

En la mayoría de los casos tienen una gran cantidad de grasa perivisceral, y un sistema digestivo con paredes gruesas y numerosos ciegos intestinales de poca longitud. Todas las gónadas obtenidas de estos ejemplares mostraban una maduración temprana o



Figura 11. Gónada femenina inmadura. Peso de la hembra : 7,5 kg.

incompleta. Los ovarios son fácilmente reconocibles por su contorno ovalado, color entre rosado-rojizo y elevado grado de vascularización mayor cuanto más madura es la hembra. Asociado al ovario aparece una tira de tejido blanquecino y compacto, que a primera vista puede parecer un testículo inmaduro dando la impresión de ser una gónada hermafrodita (Figura 11).

Sin embargo, todos los cortes histológicos realizados en este tejido muestran que se compone de células adiposas, fácilmente diferenciables de las células germinales femeninas y del tejido muscular adyacente, especialmente en los cortes realizados en las secciones donde coinciden los tres tejidos (Figura 12).

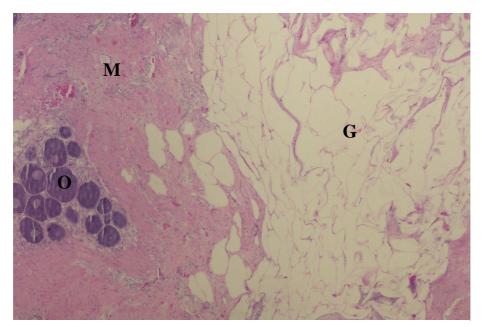


Figura 12. Corte histológico de gónada femenina de cherna: **O** tejido ovárico, **M** tejido muscular, **G** tejido adiposo.

Discusión

Determinación sexual

Uno de los puntos controvertidos en la bibliografía sobre la reproducción de esta especie es la falta de consenso en cuanto al tipo de determinación sexual. Algunos autores definieron a la cherna como una especie hermafrodita protándrica (Day, 1880; Jones 1980), de forma análoga a lo que ocurre en otras especies de biología semejante como el mero (*Epinephelus marginatus*) aunque en este último caso se trata de un hermafrodita proterogino (Bruslé y Bruslé, 1976).

Sin embargo, otros autores clasifican a la cherna como una especie gonocórica, al no encontrar tejido de ambos sexos en una misma gónada, y con una proporción aproximada de 1:1,5 entre machos y hembras de las poblaciones naturales (Roberts, 1989; Brick y Klippel 2003).

Dado que no se aprecia ninguna diferencia morfológica externa entre ejemplares de diferentes sexos (salvo el abultamiento abdominal en el caso de hembras en avanzado estado de maduración), y la palpación de las gónada requiere de mucha experiencia previa, y no es del todo fiable, es necesario recurrir a una extracción de gametos, a un análisis de hormonas sexuales, o a la disección de las gónadas para certificar el sexo. Es precisamente en el caso de la disección de las gónadas dónde el aspecto de las mismas puede llevar a equivoco en cuanto a la condición dioica de la especie. Ya se ha comentado que en casi todos los ejemplares hembra analizados procedentes de la lonja es frecuente encontrar una tira de tejido blanquecino y compacto, en ocasiones recorrido por un vaso sanguíneo. Esta estructura, que guarda gran parecido con una gónada masculina en estado inmaduro, puede inducir a pensar que se trata de un individuo hermafrodita. Sin embargo, no presenta la invaginación longitudinal descrita para los testículos de esta especie (Roberts, 1989). Además los cortes histológicos de este tejido demuestran que no es más que grasa perigonadal, apoyando así la idea de que nos encontramos ante una especie gonocórica. La gran cantidad de musculatura asociada a las gónadas podría ser una adaptación para facilitar, al contraerse, la liberación de los gametos en los entornos de alta profundidad en los que viven los adultos.

Otra de las especies del género *Polyprion*, el hapuku (*P. oxygeneios*) también ha sido objeto de múltiples estudios sobre su reproducción. Al igual que *P. americanus*, se la considera una especie dioica, con una morfología gonadal muy semejante a la cherna (Roberts, 1989). Investigaciones recientes con el hapuku han demostrado la eficacia de métodos poco invasivos para la identificación del sexo de los ejemplares, como los niveles en sangre de esteroides sexuales y vitelogenina (sistema que también ha funcionado en cherna) o las imágenes de ultrasonido (Kohn *et al.* 2013), con buenos resultados. El sistema de ultrasonidos aún no ha sido probado en cherna, pero la efectividad mostrada en el hapuku plantea su aplicación en un futuro próximo.

Tamaño y época de maduración sexual

Los resultados en los stocks de reproductores para el tamaño y época de desove concuerdan con aquellos obtenidos para poblaciones salvajes mediante pesca extractiva. La talla mínima para la primera maduración sexual ha sido estimada en 90 cm. de

longitud total (LT) (Sedberry *et al.* 1999). Otros autores diferencian entre la primera maduración de los machos (a los 75 cm.LT) de la de hembras (80cm.LT) y sitúan el inicio de la maduración entre marzo y julio, y un período de desove que abarca desde mayo a septiembre (Brick y Klippel, 2003). Para los ejemplares del Mediterráneo esta talla se reduce a los 69 cm. LT para los machos y 77cm. LT para las hembras (Tsiménides *et al.* 2001). En el caso de los stocks gallegos, el ejemplar más pequeño que mostró una maduración sexual avanzada fue un macho del C.O.V. de 77 cm LT y 10,2 Kg.

De los stocks analizados en este proyecto, el del Aquarium Finisterrae es con mucho el más maduro en términos reproductivos, y el único del que se han obtenido puestas naturales a partir de mediados de mayo. El tamaño medio de los peces de este grupo es mayor al de otros stocks, pero la diferencia es aún más notable en los casos de los ejemplares que se aislaron para la obtención de gametos, que en ningún caso bajan de los 20 kg. de peso. Así pues, el tamaño de las chernas es un factor determinante a la hora de crear grupos de reproductores en cautividad que sean capaces de madurar de forma regular cada año.

El volumen del tanque en el que habitan (4000m³ del tanque Nautilus, frente a los 120 m³ del C.O.V., o los 40m³ del I.Ga.F.A.) es otro posible factor que favorezca su éxito en la maduración, permitiéndoles superar circunstancias generadoras de estrés derivadas de vivir en un tanque de exposición, como la presencia de grandes depredadores en el entorno, o fotoperiodos prolongados. Futuras experiencias deberían analizar el comportamiento reproductor de la especie en volúmenes mayores, así como en jaulas flotantes, para determinar el verdadero efecto de este factor en relación con la reproducción.

El hecho de que entre los ejemplares salvajes muestreados no apareciera ninguno en avanzado estado de madurez podría deberse a la profundidad a la que se realizaron los lances de pesca, o al tipo de fondo en el que se realizaron, ya que los adultos suelen habitar áreas rocosas o próximos de pecios sumergidos (Suquet y La Pomélie, 2002).

No obstante, existen otros indicadores de maduración más allá de la acreción del tejido gonadal, como es el contenido de esteroides sexuales en sangre. Estos indicadores

pueden ser especialmente útiles en ejemplares relativamente jóvenes, o en los primeros años de maduración sexual cómo algunos analizados en esta memoria, en los que no siempre es sencillo estimar la maduración palpando el área abdominal.

Estudios previos han analizado la variación en los niveles de estos esteroides en el plasma sanguíneo a lo largo del año en el stock del C.O.V. (Peleteiro *et al.* 2011), y se observó un aumento de estradiol (E2) entre los meses de abril y agosto para los ejemplares identificados como hembras y un pico en el mes de febrero para los machos. Los contenidos de testosterona (T) y 11-ketotestosterona (11-KT) en los machos mostraron un pico en febrero, y un progresivo aumento desde junio a septiembre. Ello indica que en condiciones de cautividad los ciclos de maduración son, al menos a nivel hormonal, semejantes a los de poblaciones salvajes.

Estos datos se complementarán en un futuro próximo con el análisis de las muestras de sangre obtenidas durante estas primeras fases del proyecto DIVERSIFY de los stocks del Aquarium Finisterrae, C.O.V., I.Ga.F.A., y el Aquarium de O'Grove.

Por otra parte, la administración de hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) ha dado buenos resultados induciendo la vitelogénesis y ovulación, mediante implantes intramusculares en dosis de 750 μg por animal (Zohar y Mylonas, 2001) o 100 μg kg⁻¹ (Fauvel *et* al. 2008), aunque no tuvieron éxito en producir la liberación de los huevos. La inducción hormonal reiterada a lo largo de dos años consiguió generar puestas espontáneas en el tercero, aunque en ningún caso se consiguieron ovocitos viables (Papandroulakis *et al.*, 2004; Peleteiro *et al.*, 2011).

Sin embargo, la aplicación de esta terapia de inducción hormonal, acompañada de un masaje por presión abdominal para extraer los ovocitos, y una posterior fecundación artificial es efectiva en la obtención de huevos viables (Papandroulakis *et al.*, 2004; Fauvel *et al.* 2008).

En ocasiones, como en el caso del stock del Aquarium Finisterrae, también se ha logrado fecundaciones artificiales viables, sin necesidad de inducción hormonal previa (Peleteiro *et al.*, 2011), permitiendo realizar ensayos de incubación y desarrollo embrionario con dichos huevos.

Desarrollo embrionario y cultivo larvario

El diámetro medio de los huevos fecundados es de 2,07 mm (Figura 13A). La incubación se ha llevado a cabo con éxito a 15°C y 16° C de temperatura del agua, y el desarrollo embrionario requiere entre 90 y 112 grados día para completarse (6-7 días para las temperaturas citadas) (Fauvel *et al.* 2008; Papandroulakis *et al.*, 2008; Peleteiro *et al.*, 2011). En la eclosión, el tamaño medio de las larvas es de 3,9 mm. (Figura 13B; Papandroulakis *et al.*, 2008; Peleteiro *et al.*, 2011). El máximo tiempo de supervivencia larvaria del que hay registro en las referencias científicas es hasta el consumo total del saco vitelino, 6 días después de la eclosión (Peleteiro *et al.* 2011), si bien hay constancia de cultivos larvarios desarrollados hasta llegar a la fase de preengorde en la piscifactoría de Valdoviño del grupo empresarial Isidro de la Cal (J.B. Peleteiro, com. pers.).

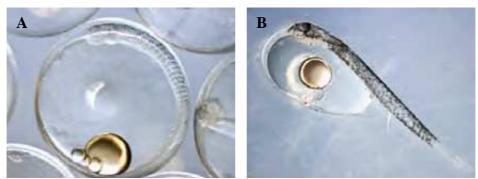


Figura 13. A: Huevo con esbozo de embrión. B: Larva de cherna con el 60% de saco vitelino (Peleteiro *et al.* 2011).

Perspectivas de cultivo para la cherna y otras especies afines

Independientemente de las dificultades en la reproducción, el potencial de la cherna como especie comercialmente explotable es muy alto, sobre en todo en la fase de engorde de juveniles y adultos. Para dos de los stocks analizados (I.G.Fa.A. y C.O.V.) existen registros detallados sobre su crecimiento en los últimos años (Peleteiro *et al.* 2011) que muestran un crecimiento medio de 1,5-2 kg. al año, pero llegando a obtener un incremento de 11 kg. en 5 años en algunos casos. Los datos procedentes de otros stocks europeos son igual de positivos en este aspecto: 7 kg. en 3 años para ejemplares criados en el Hellenic Centre for Marine Research (Heraklion, Grecia) y 6 kg. en 3 años para los criados en el Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (Brest, Francia) (Papandroulakis *et al.* 2004), lo que sitúa a esta especie en unos niveles de productividad comparables a los de la tilapia o el salmón.

Además, la tardía maduración sexual que supone un inconveniente en la creación de stocks reproductores, se transforma en una ventaja en las experiencias de engorde de juveniles, ya que toda la energía ingerida se destina únicamente al crecimiento del animal. Teniendo en cuenta que para un futuro se prevé que el tamaño de venta al público general no supere los 5 kg., la talla comercial se alcanzaría en apenas dos años desde el inicio del engorde.

Estas características son compartidas por otras especies semejantes que también están siendo objeto de programas de investigación acuícola en diferentes partes del mundo.

La más próxima a la cherna es el ya citado hapuku (*Polyprion oxygeneios*), nativo de las costas de Nueva Zelanda y sureste de Australia. Para esta especie se ha determinado que su temperatura óptima de crecimiento en cultivo es de 21°C, aunque la tasa de conversión de alimento es mayor a 24°C (Khan *et al.* 2014).

Al igual que en la cherna, el principal problema en el cultivo de hapuku radica en el control de los reproductores y la obtención de puestas viables, por lo que estudios recientes han evaluado la efectividad de diferentes técnicas para determinar el sexo de los reproductores (Kohn *et al.* 2013), y el uso de diferentes parámetros del huevo fecundado (morfología y simetría de los blastómeros, etc.) como sistema para predecir la supervivencia larvaria en las primeras fases de vida tras la eclosión. (Kohn y Symonds 2012). Sin embargo, para las siguientes fases de cultivo, la incubación y cultivo larvario, se han consolidado protocolos de cultivo con resultados aceptables (Anderson *et al* 2012).

En Asia, también se realizan experiencias de cultivo con especies de gran tamaño de la familia *Serranidae*, incluyendo múltplies especies de meros (*Epinephelus coioides*, *Epinephelus lanceolatus...*) cuyas condiciones de cultivo son semejantes a las de la cherna, pese a su condición proterogina, por lo que los avances en esas especies son fácilmente aplicables al género *Polyprion* con unos leves ajustes (Liao *et al.* 2001; Yashiro 2008).

El mero de las aguas de la Península Ibérica y el Mediterráneo (*Epinephelus marginatus*) también ha demostrado un gran potencial como especie cultivable (Bruzón 2004), obteniendo unas tasas de crecimiento de 1 kg. al año tanto en tanques como en jaulas flotante en el Mediterráneo, utilizando para alimentación piensos de lubina, dorada y lenguado (Brunzón 2007). Por todo ello actualmente se postula como otra

firme candidata en programas de diversificación acuícola y de repoblación de stocks salvajes (Peleteiro y Bruzón, 2014).

En cuanto a la reproducción en cautividad, cabe decir que aquí únicamente han sido expuestos los datos disponibles en la literatura científica pública, pero existen otros ensayos realizados por los departamentos de I+D de empresas privadas del sector. Pese a que el acceso a estos datos es limitado, sus resultados no hacen más que confirmar la viabilidad del cultivo de la cherna. Por ejemplo, en las instalaciones de la piscifactoria de Valdoviño, pertenecientes al grupo empresarial Isidro de la Cal, se ha conseguido superar con un éxito la fase de cultivo larvario. A partir de huevos fecundados del stock del Aquarium Finisterrae, lograron completar el cultivo larvario (si bien con elevadas tasas de mortalidad) hasta conseguir ejemplares juveniles (J.B. Peleteiro com. pers.). De aquel lote de huevos únicamente queda un último superviviente, de dos años de edad (Figura 14), que actualmente se exhibe en el propio Aquarium Finisterrae, como parte de la exposición sobre acuicultura que albergan sus instalaciones. Esta es la primera y única experiencia de cultivo de cherna desde la fecundación hasta una edad tan avanzada, demostrando así que la posibilidad de cerrar el ciclo en cautividad es factible, aunque aún requiere una optimización de su zootecnia para que resulte económicamente rentable.



Figura 14. Juvenil de cherna nacida en cautividad, expuesta en el Aquarium Finisterrae.

Conclusiones

A nivel de cultivo experimental y de exhibición, la cherna ha mostrado unas tasas de crecimiento comparables a las de otras especies de teleósteos ampliamente cultivadas en el mundo. Además su facilidad de adaptación y manejo en cautividad son incentivos para el inicio en un futuro próximo de experiencias de engorde en una escala de producción a nivel comercial. Sin embargo, la dificultad y los costes que supone capturar ejemplares reproductores longevos de altas profundidades, que permitan mantener el stock de engorde, implica una mejora indispensable en la zootecnia de reproducción que actualmente está disponible para esta especie.

Estas mejoras pasan por una mayor comprensión de la biología reproductiva de la especie, la implementación de técnicas que favorezcan una maduración sexual más temprana, como la inducción hormonal, y una optimización del cultivo larvario. Si bien aún se tienen que superar algunas barreras, las primeras investigaciones realizadas en estos aspectos indican que el futuro de esta especie en la industria acuícola es, cuanto menos, prometedor.

Agradecimientos_

El autor quiere agradecer a los conservadores del Aquarium Finisterrae (Antonio Vilar) y Aquarium de O'Grove (Pepe Crespo), a sus respectivos equipos técnicos y a los alumnos del I.Ga.F.A la ayuda prestada durante los muestreos en sus instalaciones. También a Copi Rodriguez y Fátima Linares por su colaboración en los muestreos y en el intercambio de datos e imágenes para la presente memoria.

Finalmente, a Tito Peleteiro y todo el personal de la planta de cultivos del Centro Oceanográfico de Vigo por su tiempo y ayuda tanto en la realización de la presente memoria, como en otros proyectos durante su estancia en el centro.

Bibliografía

- Anderson, S.A., Salinas, I., Walker, S.P., Gublin, Y., Pether, S., Kohn, Y.Y., Symonds, J.E.,
 2012. Early development of New Zealand hapuku *Polyprion oxygeneios* eggs and larvae. *J. Fish Biol.* 80: 555–571.
- **Bianci E. 2012.** First ideas on strategic guidelines for sustainable aquaculture, DG MARE. *European Aquaculture: the Path for Growth*, 23 November 2012, A Coruña, Spain.
- Brick M. y Klippel S. 2003. Reproductive biology of southwestern Atlantic wreckfish, *Polyprion americanus (Teleostei: Polyprionidae). Environ. Biol. Fish.* 68: 163-173.
- **Bruzón M.A. 2004**. Cultivo de mero *Epinephelus marginatus (Lowe,1834)*: bases biológicas para su reproducción en cautividad. Tesis doctoral. Cádiz.
- **Bruzón M.A. 2007**. The reproduction and culture of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe,1834) en *The South of Spain. 2nd International Symposium on Groupers of the Mediterranean Sea.* 10-13 mayo. Nice. Francia.
- **Bruslé J., Bruslé S. 1976**. Contribution à l'étude de la reproduction de deux espèces de merous *Epinephelus aeneus* and *Epinephelus guaza* des côtes de Tunisie. *Rev. Trav. Inst. Pèches marit.*, 30(3): 313-320.
- Day F. 1880. The fishes of Great Britain and Ireland. Vol. 1 (1). Williams & Norgate. Londres
- **Deudero S., Morales-Nin B. 2000**. Ocurrence of *Polyprion americanus* under floating objects in western Mediterranean oceanic Waters, inference from stomach contents análisis. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 80: 751-752.
- **EATIP** (European Aquaculture Technology and Innovation Platform) 2012. The future of European Aquaculture: a strategic agenda for research and innovation. www.eatip.eu
- **Fauvel C., Suquet M., Sever A., Mylonas C., Papandroulakis N. 2008**. Slow-release GnRH treatement prevented atresia during vitellogenesis and induced ovulation of captive wreckfish (*Polyprion americanus*). *Cybium* 32(2) suppl.: 191.

- Haimovici M., Martins A.S., Figueiredo J.L., Vieira P.C. 1994. Demersal bony fish of the outer shelf and upper slope of the southern Brazil subtropical convergence ecosystem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 108: 59-77
- **Jones G.P. 1980**. Contributions to the biology of the redbanded perch, *Ellerkeldia huntii*, with a discussion on hermaphroditism. *J. Fish Biol.*, 17: 197-207.
- **Khan J.R., Pether S., Bruce M., Walker S.P., Herbert N.A. 2014**. Optimum temperatures for growth and feed conversion in cultured hapuku (*Polyprion oxygeneios*)- Is there a link to aerobic metabolic scope and final temperature preference?. *Aquaculture* 430: 107-113.
- **Kohn Y.Y., Symonds J.E. 2012**. Evaluation of egg quality parameters as predictors of hatching success and early larval survival in hapuku (*Polyprion oxygeneios*). *Aquaculture* 343: 42-47.
- **Kohn Y.Y., Lokman P.M., Kilimnik A., Symonds J.E. 2013**. Sex identification in captive hapuku (*Polyprion oxygeneios*) using ultrasound imagery and plasma levels of vitellogenin and sex steroids. *Aquaculture* 387: 87-93.
- **Liao, I.C., Su, H.M., Chang, E.Y., 2001**. Techniques in finfish larviculture in Taiwan. *Aquaculture* 200: 1–31.
- Papandroulakis N., Suquet M., Spedicato M.T., Machias A., Fauvel C. y DivanachP. 2004. Feeding rates, growth performance and gametogenesis of wreckfish (*Polyprion americanus*) kept in captivity. *Aquacult. Int.* 3: 1-13.
- Papandroulakis N., Mylonas C.C., Syggelaki E., Katharios P., Divakaran S., 2008. First reproduction of captive-reared wreckfish (*Polyprion americanus*) using GnRH implants. *Proceedings of the European Aquaculture* 2008, Krakow, Poland.
- Peleteiro J.B., Saavedra C., Pérez-Rial E., Soares E.C., Álvarez-Blázquez B., Vilar A. 2011. Diversificación de especies en acuicultura marina. Desarrollo de técnicas de cultivo de la cherna (*Polyprion americanus*). En *Congreso Nacional de Acuicultura 2011*. Castelldefels (Girona) España. 21-24/11/2011.
- **Peleteiro J.B., Bruzón, M.A. 2014**. Cultivo de serránidos: el mero y la cherna. En: *Diversificación de las especies en la piscicultura marina española*. I.E.O., Fundación O.E.S.A (Eds.), pp: 201-241.

- **Roberts C.D. 1989**. Reproductive mode in the percomorph fish genus *Polyprion* Oken. *J. Fish Biol.* 34: 1-9.
- Rodriguez-Villanueva J.L., Peleteiro J.B., Perez-Rial E., Soares E.C., Álvarez-Blázquez B., Mariño C., Linares F., Mañanós E. 2011. Growth of wreckfish (*Polyprion americanus*) in Galicia, Spain. *Aquaculture Europe 2011 (EAS)*, 12-21 October, Rhodes, Greece.
- Sedberry G.R., Andrade C.A.P., Carlin J.L., Chapman R.W., Luckhurst B.E., Manooch C.S. III, Menezes G., Thomsen B. y UlrichG.F. 1999. Wreckfish *Polyprion americanus* in the North Atlantic: fisheries, biology and management of a widely distributed and long-lived fish. En: *Life in slow lane: ecology and conservation of long-lived marine animals*. Musick J. (Ed.). n.° 3, pp: 27-50.
- **Suquet M., LaPomèlie C. 2002**. Le cernier (*Polyprion americanus*) : biologie, pêche, marché et potentiel aquacole. Ed. IFREMER (Ressources de la mer), Plouzané (Francia). 279 pp.
- Tsiménides N., Machias A., Somarakis S., Vatsos D., MaravveyaE., Giannouloki M., Magoulas A. DivanachP., Papandroulakis N., Speicato M.T., Lembo G., CarbonaraP., Contegiacomo M., SilecchiaT., Suquet M., Severe A., Normant Y., Barone H. y Fauvel C. 2001. State of the stocks of European wreckfish (*Polyprion americanus*). Rapport final CEE contract 98/041, DG XIV, 54.
- **Yashiro**, **R.**, **2008**. Overview of grouper aquaculture in Thailand. En: *The Aquaculture of Grouper*. Liao, I.C., Leaño, E.M. (Eds.), High Point Press, Taiwan, pp. 143–154.
- **Zohar Y., Mylonas C.C. 2001**. Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: From hormones to genes. *Aquaculture*, 197: 99-136.