

Cultivo del erizo de mar *Paracentrotus lividus* en batea: alternativas para su explotación comercial

Rey-Méndez¹ M., Tourón¹ N., Pérez-Dieguez¹ L., Rodríguez-Castro¹ J., Quinteiro¹ J., González-Henríquez² N., Catoira³ J.L.

¹Laboratorio de Sistemática Molecular (Unidad asociada al CSIC), CIBUS, Campus Vida, Universidade de Santiago de Compostela, 15782-Santiago de Compostela, A Coruña; e-mail: manuel.rey.mendez@usc.es

²Departamento de Biología, Facultad Ciencias del Mar, Edificio Ciencias Básicas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 35017- Las Palmas de Gran Canaria; E-mail: nieves.gonzalez@ulpgc.es

³Consellería do Medio Rural e do Mar, Xunta de Galicia, Departamento Territorial de A Coruña, Casa do Mar 5ªP, 15006-A Coruña; e-mail: jose.catoira.gomez@xunta.es

RESUMEN

La disminución de la extracción a nivel mundial de los erizos de mar, junto con el lento crecimiento y recuperación de estas especies, hacen necesario el establecer sistemas de cultivo que permitan disminuir la presión sobre el recurso y posibilitar la repoblación de los bancos naturales. Galicia, primer productor europeo de *Paracentrotus lividus*, obtiene con la primera venta de erizos unos resultados económicos cercanos a los dos millones de euros anuales, lo que nos ha llevado a realizar durante siete años (2006-2013), un proyecto con el objetivo de analizar las posibilidades del cultivo de esta especie en batea. En este trabajo se analizan los resultados obtenidos y se realizan propuestas de cultivo de *P. lividus* en batea, que puedan tener viabilidad económica y que combinen la disminución de la extracción del recurso junto con la posibilidad de repoblar las zonas explotadas.

PALABRAS CLAVE

Paracentrotus lividus, erizo de mar, cultivo en batea.

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de erizos rondaba las 117.000 toneladas anuales según una revisión de Keesing y Hall del año 1998, siendo los mayores productores Estados Unidos, Chile y Japón, mientras que Japón y Francia son los principales consumidores. En los años posteriores esta producción mundial de erizo fue disminuyendo progresivamente debido en gran parte a la reducción de capturas en Chile y Estados Unidos, siendo en el año 2009 de 73.320 toneladas (FAO, 2010). La escasez de este recurso empieza a repercutir en un descenso de los desembarcos destinados a cubrir la demanda de mercado en países como Francia, Italia, Turquía, Bélgica o Japón, donde el erizo de mar es considerado una exquisitez culinaria, lo que también está provocando que cada año se extraigan más erizos de las costas gallegas (Catoira, 2004), ocasionando un descenso en el recurso pues es una especie con lenta recuperación y crecimiento. Por ello, se prevé que las poblaciones naturales, en un futuro próximo, necesiten de planes de repoblación o bien sistemas que optimicen el aprovechamiento del recurso, tales como la mejora del índice gonadal, por lo que es necesario el desarrollo de estrategias de cultivo.

Galicia, es el primer productor europeo de *P. lividus*, con una extracción anual que, desde el año 1985, oscila entre 400 y 750 toneladas. En el periodo 1998-2013 el precio de primera venta osciló entre un mínimo de 0,1 €/kg y un máximo de 9 €/kg, con un valor medio, en 2013, de 3,07 €/kg y unos resultados económicos cercanos a los dos millones de euros anuales en los últimos seis años. La importancia económica del erizo de mar en Galicia, nos ha llevado a realizar diversas experiencias, desde el año 2006, con el objetivo de analizar las posibilidades del cultivo de esta especie en batea. El análisis de los resultados debe permitirnos hacer una propuesta de equinicultura que pueda ser viable económicamente y que combine la disminución de la explotación del recurso con la posibilidad de repoblar el medio natural.

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre los años 2006 y 2013 se realizaron diferentes experiencias de cultivo de erizo de mar en una batea experimental de la Universidad de Santiago de Compostela (USC), ubicada en el polígono A de la ría de Muros-Noia (situación: 42°46'42.34'' N, 8°57'27.40'' W), con el fin de ver las posibilidades de su explotación comercial. Estas experiencias se orientaron especialmente a determinar las mejores condiciones de cultivo en batea (profundidad, densidades, diseño de estructuras de confinamiento, efecto de diferentes dietas naturales y diseñadas en laboratorio), tanto para el engorde de erizos juveniles extraídos del medio natural, como procedentes de criadero, así como el efecto de diferentes dietas sobre el índice gonadal de erizos de tamaño comercial.

RESULTADOS

Engorde de erizos juveniles extraídos del medio natural

En la tabla I se presentan los datos obtenidos con la experiencia del crecimiento en batea de los erizos juveniles extraídos del medio natural. Aunque estos datos no permiten hacer comparaciones con estudios realizados por otros investigadores en la misma especie y con otros sistemas de engorde, ya que no conocemos la edad de los erizos depositados en la batea, sí nos permiten asegurar que el engorde hasta tamaño comercial (55 mm de diámetro) no sería rentable a nivel industrial, debido a que el precio actual de los erizos en el mercado no compensaría la inversión y el tiempo necesarios. Por otra parte, los datos obtenidos, nos permiten conocer mejor el comportamiento de los erizos en estas condiciones de cultivo, con el fin de poder desarrollar un sistema de preengorde en batea de erizos juveniles para su uso en repoblación. Así, de las dietas probadas, las de algas (especialmente *Laminaria*), tienen el mejor comportamiento, pudiendo ser almacenadas en los momentos de abundancia en el medio natural y congeladas hasta su uso. En nuestro caso, aunque no se lograron mejores resultados que con dieta natural de algas, las dietas diseñadas tienen un buen comportamiento en cuanto a que permiten su conservación en frío sin afectar a la durabilidad en el medio acuoso, al menos durante una semana, siendo aceptadas por los erizos, pudiendo utilizarse como alternativa en caso de problemas con el suministro de algas. También se puede ver que las densidades de cultivo influyen significativamente en el crecimiento de los erizos, por lo que se debe tener en cuenta este hecho para ir realizando desdobles durante el proceso de engorde.

Tabla I.- Efecto de cinco dietas y tres densidades en la evolución del diámetro de *P. lividus* extraídos del medio natural y confinados en batea (710 días).

Dieta	Densidad (erizos/cesta)	*Diámetro inicial (mm)	*Diámetro final (mm)	*Incremento (%)
Pienso con mejillón	50	27,86±3,33	37,57±4,74	34,85
	30	27,07±2,95	41,03±3,14	51,17
	10	30,30±1,64	45,77±1,58	51,06
Pienso harina pescado	50	26,28±4,27	38,63±4,50	46,99
	30	26,90±2,14	40,03±4,27	48,81
	10	26,20±2,49	42,26±2,86	61,30
Pienso seco	50	28,20±5,12	42,36±2,44	50,21
	30	28,23±2,34	43,13±3,60	52,78
	10	25,90±3,31	45,45±3,92	75,48
Laminaria	50	25,14±4,41	47,47±3,45	88,82
	30	29,23±2,13	48,39±4,80	65,55
	10	27,40±2,84	50,34±3,40	83,72
Ulva	50	26,68±3,49	45,06±2,67	68,89
	30	29,03±2,99	44,97±4,37	54,91
	10	30,20±1,75	47,24±2,92	56,42

*Promedio ± desviación estándar, *Valores significativos ($p < 0,05$) para todas las dietas con igual densidad.

Engorde de erizos juveniles procedentes de criadero

Los datos de crecimiento de los erizos juveniles procedentes de criadero y alimentados con algas se presentan en la Tabla II. Estos datos, igual que sucedía con los erizos obtenidos del medio natural, siguen sin aportar buenas perspectivas al cultivo hasta tamaño comercial (55 mm de diámetro), pero viendo resultados intermedios previamente publicados (Rey-Méndez *et al.*, 2011), podemos considerar que tienen un buen crecimiento en edades tempranas, alcanzando tallas de 35mm a los dos años de edad, especialmente si los comparamos con el

crecimiento de los erizos del medio natural en las costas de Irlanda, que tardan cuatro años en alcanzar una talla de 35-50mm de diámetro y posteriormente ralentizan su crecimiento (Crapp y Willis, 1975). Este crecimiento posibilita la realización del engorde de erizos juveniles procedentes de criadero, alimentándolos con algas hasta que alcancen un tamaño adecuado que les permita protegerse de los depredadores y sobrevivir en su hábitat natural. Al año y medio de edad podrían alcanzar los 20 mm de diámetro (Rey-Méndez *et al.*, 2011), lo que probablemente sería un buen tamaño para utilizarlos en repoblación. Además, estos datos se podrían mejorar sacando los erizos del criadero y pasándolos a la batea a edades más tempranas.

Tabla II.- Evolución del diámetro de *P. lividus*, procedentes de criadero y alimentados con algas, en batea.

Grupo	Días en batea	*Diámetro inicial (mm)	*Diámetro final (mm)	*Incremento (%)
Erizos pequeños 1ª tanda	1370	8,43±1,04	43,68±7,98	418,15
Erizos grandes 1ª tanda	1370	12,34±1,55	44,34±4,56	259,32
Erizos 2ª tanda	1269	15,38±2,17	42,78±8,80	178,15

*Promedio ± desviación estándar. *Valores significativos ($p < 0,01$) para todos los grupos.

Efecto de diferentes dietas experimentales sobre el índice gonadal de *P. lividus*.

Las gónadas de *P. lividus* presentan una gran importancia comercial, pudiendo llegar en su etapa de madurez al 15% de su peso fresco. En Galicia, la extracción de erizos está permitida desde noviembre a abril, coincidiendo en parte con el desove anual que suele acontecer en los meses de marzo y abril, pero también con períodos de bajo IG, por lo que su aumento sobre los índices de los erizos extraídos del medio natural (en valores superiores al 10% que es el que se requiere para la explotación comercial), es un objetivo de interés en el cultivo, tanto para el aumento del período de explotación como para la propia conservación de la especie (ya que se aumentaría el volumen de gónada a procesar y se podría reducir la extracción de ejemplares). Entre otros aspectos, la manipulación de la alimentación provoca el inicio de la gametogénesis fuera de estación (Lawrence, 2007) y el aumento del tamaño de las gónadas (McBride *et al.* 1997). Por este motivo, hemos diseñado y ensayado un total de diez dietas experimentales con el fin de incrementar el crecimiento gonadal de erizos de

tamaño comercial mantenidos en batea durante un máximo de dos meses (Fig. 1). De ellas, la que mejor funciona es la dieta 4, que nos permitiría mantener el IG en valores comerciales durante al menos siete meses (febrero a agosto), con valores del 15,56% que son superiores al de otros estudios de alimentación en erizos comerciales tanto en Escocia, donde Cook y Kelly (2007) obtuvieron un 10,4%, como en Francia (Fernandez y Boudouresque, 1998). Los valores de IG conseguidos en esta experiencia son mayores que los habituales (12,2%) en erizos salvajes de Galicia (Montero-Torreiro y García-Martínez, 2003).

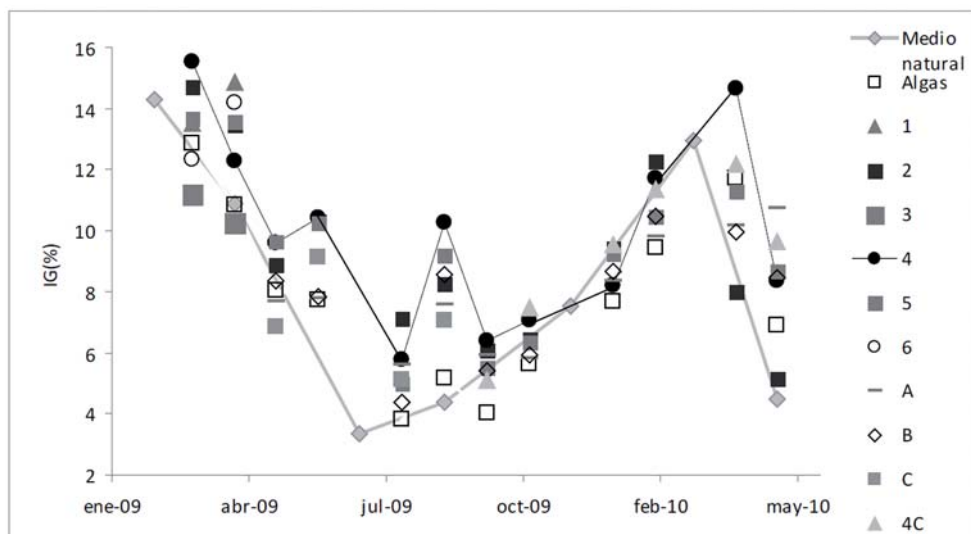


Figura 1.- Evolución del índice gonadal de erizos comerciales con diferentes dietas.

DISCUSIÓN

Los datos obtenidos con la experiencia del crecimiento en batea de los erizos juveniles extraídos del medio natural, no permiten realizar comparaciones con estudios realizados por otros investigadores en la misma especie y con otros sistemas de engorde, ya que no conocemos la edad de los erizos depositados en la batea, pero sí nos permiten asegurar que el engorde hasta tamaño comercial (55 mm de diámetro) no sería rentable a nivel industrial, debido a que el precio actual de los erizos en el mercado no compensaría la inversión y el tiempo necesarios, aunque sí son interesantes para conocer el comportamiento de los erizos en estas condiciones de cultivo, con el fin de poder desarrollar un sistema de preengorde en

batea de erizos juveniles para su uso en repoblación. Así, de las dietas probadas, las de algas (especialmente *Laminaria*), tienen el mejor comportamiento, pudiendo ser almacenadas en los momentos de abundancia en el medio natural y congeladas hasta su uso. En nuestro caso, aunque no se lograron mejores resultados que con dieta natural de algas, las dietas diseñadas tienen un buen comportamiento en cuanto a que permiten su conservación en frío sin afectar a la durabilidad en el medio acuoso, al menos durante una semana, siendo aceptadas por los erizos, pudiendo utilizarse como alternativa en caso de problemas con el suministro de algas. También se puede ver que las densidades de cultivo influyen significativamente en el crecimiento de los erizos, por lo que se debe tener en cuenta este hecho para ir realizando desdobles durante el proceso de engorde.

Los datos de crecimiento de los erizos juveniles de criadero alimentados con algas tienen un comportamiento muy bueno, ya que alcanzan tallas de 35mm a los dos años de edad (Rey-Méndez *et al.* 2011), especialmente si los comparamos con el crecimiento de los erizos del medio natural en las costas de Irlanda, que tardan cuatro años en alcanzar una talla de 35-50mm de diámetro y posteriormente ralentizan su crecimiento (Crapp y Willis, 1975). Sería muy interesante la posibilidad de realizar un cultivo parcial de los erizos juveniles procedentes de criadero, alimentándolos con algas durante un período de tiempo determinado con el fin de que alcancen un tamaño adecuado que les permita protegerse de los depredadores y sobrevivir en su hábitat natural. Al año y medio de edad podrían alcanzar los 20mm de diámetro (Rey-Méndez *et al.*, 2011), lo que probablemente sería un buen tamaño para utilizarlos en repoblación. Además, estos datos se podrían mejorar sacando los erizos del criadero y pasándolos a la batea a edades más tempranas.

Las gónadas de *P. lividus* presentan una gran importancia comercial, pudiendo llegar en su etapa de madurez al 15% de su peso fresco. En Galicia, la extracción de erizos está permitida desde noviembre a abril, coincidiendo en parte con el desove anual que suele acontecer en los meses de marzo y abril, pero también con períodos de bajo IG, por lo que su aumento sobre los índices de los erizos extraídos del medio natural (en valores superiores al 10% que es el que se requiere para la explotación comercial), es un objetivo de interés en el cultivo, tanto para el aumento del período de explotación como para la propia conservación de la especie (ya que se aumentaría el volumen de gónada extraída y se podría reducir la extracción de ejemplares). Entre otros aspectos, la manipulación de la alimentación provoca el inicio de la gametogénesis fuera de estación (Lawrence, 2007) y el aumento del tamaño de las gónadas (McBride *et al.*, 1997). Por este motivo, hemos diseñado y ensayado un total de diez dietas experimentales con el fin de incrementar el crecimiento gonadal. De ellas, la que mejor funciona es la dieta 4, que nos permitiría mantener el IG en valores comerciales durante al menos siete meses (febrero a agosto), con valores del 15,56% que son superiores al de otros estudios de alimentación en erizos comerciales tanto en Escocia, donde Cook y

Kelly (2007) obtuvieron un 10,4%, como en Francia (Fernandez y Boudouresque, 1998). Los valores de IG conseguidos en esta experiencia son mayores que los habituales (12,2%) en erizos salvajes de Galicia (Montero-Torreiro, García-Martínez, 2003).

La mayoría de los estudios orientados hacia la generación de tecnologías que permitan el cultivo del erizo de mar enfatizan la importancia del cultivo larvario, los sistemas de cultivo, el incremento de la calidad de la gónada y el desarrollo de dietas experimentales. Existe además una tendencia creciente al desarrollo de sistemas de cultivo en el medio marino de esta especie, diseñándose jaulas sumergidas, así como sistemas de policultivo con especies como el salmón, o sistemas multitróficos. El sistema de engorde en batea presenta la ventaja de tener un coste de mantenimiento e infraestructuras considerablemente más bajo que los sistemas terrestres de cultivo, teniendo la desventaja del menor control sobre las condiciones ambientales y que es más dificultoso el acceso a las estructuras de cultivo. Por otra parte, y dado que el objetivo principal de este trabajo era estudiar las posibilidades de la equinicultura para la especie *P. lividus* en Galicia, creemos que la batea es un sistema adecuado para llevar a cabo esta actividad de cultivo, por ser una estructura tradicional y por su gran capacidad de confinamiento de diferentes tamaños de erizos. Dado que los resultados actuales de engorde hasta tamaño comercial no parecen viables económicamente, proponemos el compartir en la misma batea actividades diferentes, dependiendo del uso final del producto de los especímenes cultivados. Estas actividades serían dos principalmente, una es la producción de erizos juveniles (de 20 mm de diámetro) para uso en repoblación, la otra sería el incremento del IG en erizos de tamaño comercial. La producción de juveniles empezaría con erizos de criadero de 5 mm de diámetro (entre 3 y 6 meses de edad) y terminaría con erizos de 20mm de diámetro (3.150.000 erizos), listos para soltar en el medio natural después de seis meses en la batea alimentados con algas. El engorde de gónadas de erizos de tamaño comercial (la capacidad de la batea es de 180.000 erizos), se haría con dietas diseñadas (durante dos meses) y especialmente en los períodos de tiempo que favorezcan el aumento del índice gonadal respecto a los erizos del medio natural (tres ciclos bimensuales). Coordinando el criadero y el cultivo en batea, se podrían realizar las dos actividades en períodos de seis meses cada una, con una producción anual estimada de 3.150.000 erizos para repoblación y 54.000 kg de gónadas

CONCLUSIONES

La mayoría de los estudios orientados hacia la generación de tecnologías que permitan el cultivo del erizo de mar enfatizan la importancia del cultivo larvario, los sistemas de cultivo, el incremento de la calidad de la gónada y el desarrollo de dietas experimentales. Existe

además una tendencia creciente al desarrollo de sistemas de cultivo en el medio marino de esta especie, diseñándose jaulas sumergidas, así como sistemas de policultivo con especies como el salmón, o sistemas multitróficos. El sistema de engorde en batea presenta la ventaja de tener un coste de mantenimiento e infraestructuras considerablemente más bajo que los sistemas terrestres de cultivo, teniendo la desventaja del menor control sobre las condiciones ambientales y que es más dificultoso el acceso a las estructuras de cultivo. Por otra parte, y dado que el objetivo principal de este trabajo era estudiar las posibilidades de la equinicultura para la especie *P. lividus* en Galicia, creemos que la batea es un sistema adecuado para llevar a cabo esta actividad de cultivo, por ser una estructura tradicional y por su gran capacidad de confinamiento de diferentes tamaños de erizos.

Dado que los resultados actuales de engorde hasta tamaño comercial no parecen viables económicamente, proponemos el compartir en la misma batea actividades diferentes, dependiendo del uso final de los especímenes cultivados. Estas actividades serían dos principalmente, una es la producción de erizos juveniles (de 20 mm de diámetro) para uso en repoblación, la otra sería el incremento del IG en erizos de tamaño comercial. La producción de juveniles empezaría con erizos de criadero de 5 mm de diámetro (entre 3 y 6 meses de edad) y terminaría con erizos de 20mm de diámetro (3.150.000 erizos), listos para soltar en el medio natural después de seis meses en la batea alimentados con algas. El engorde de gónadas de erizos de tamaño comercial (la capacidad de la batea es de 180.000 erizos), se haría con dietas diseñadas (durante dos meses) y especialmente en los periodos de tiempo que favorezcan el aumento del índice gonadal respecto a los erizos del medio natural (tres ciclos bimensuales). Coordinando el criadero y el cultivo en batea, se podrían realizar las dos actividades en periodos de seis meses cada una, con una producción anual estimada de 3.150.000 erizos para repoblación y 54.000 kg de gónadas

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por JACUMAR-Secretaría General de Pesca Marítima del MAGRAMA y la Consellería do Medio Rural e do Mar de la Xunta de Galicia.

BIBLIOGRAFÍA

- Catoira J.L. (2004). History and current state of sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) fisheries in Galicia, NW Spain. In: Lawrence, J.M., Guzmán, O. (Eds.) *Sea Urchins: Fisheries and Ecology*. Destech publications, Lancaster: 64-73.
- Cook E.J., Kelly M.S. (2007). Enhanced production of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in integrated open-water cultivation with Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture*, 273 (4): 573-585.
- Crapp G.B., Willis, M.E. (1975). Age determination in the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck), with notes on the reproductive cycle. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 20 (2): 157-178.
- FAO. (2010). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2010. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma, 2010. 219 p.
- Fernandez C., Boudouresque, C.F. (1998). Evaluating artificial diets for small *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea). *Echinoderms*: San Francisco, Mooi, Telford (Eds). Balkema, Rotterdam. 657 p.
- Keesing J.K., Hall K.C. (1998). Review of harvests and status of world sea urchin fisheries points to opportunities for aquaculture. *J. Shellfish Res.*, 17: 1597-1604.
- Lawrence J.M. (2007). Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. J. M. Lawrence (Eds.). *Developments in aquaculture and fisheries science*, 37: 529 p.
- McBride S.C., Pinnix, W.D., Lawrence J.M., Lawrence A.L. Mulligan T.M. (1997). The effect of temperature on production of gonads by the sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* fed natural and prepared diets. *J. World Aquac. Soc.*, 28: 357-365.
- Montero Torreiro, M.F. & García Martínez, P. (2003). Seasonal changes in the biochemical composition of body components of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in Lorbé (Galicia, north-western Spain). *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 83: 575-581.
- Rey-Méndez M., Quinteiro J., Rodríguez-Castro B., Tourón N., Rama-Villar A., Fernández-Silva I., Rodríguez-Castro J., González N., Martínez D., Ojea J., Catoira J.L. (2011). “Evolución en batea del crecimiento del erizo de mar (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816) procedente de criadero”. En: *XIII Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas*. Edits.: M. Rey-Méndez, J. Fernández-Casal, C. Lodeiros, A. Guerra. pp.: 345-350. ISBN: 978-84-608-1205-0.

Cultivo del erizo de mar *Paracentrotus lividus* en batea: alternativas para su explotación comercial.

Manuel Rey-Méndez¹, Noelia Tourón¹, Lois Pérez-Díez¹, Jorge Rodríguez-Castro¹, Javier Quinteiro¹, Nieves González-Henríquez² & José Luis Cataño³.

¹ Laboratorio de Sistemática Molecular (Unidad asociada al CSIC), CIBUS, Campus Vida, Universidade de Santiago de Compostela, 15782-Santiago de Compostela, A Coruña; manuel.rey.mendez@usc.es
² Departamento de Biología, Facultad Ciencias del Mar, Edificio Ciencias Básicas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafia, 35017-Las Palmas de Gran Canaria; nieves.gonzalez@ulpgc.es
³ Consejería de Medio Rural e do Mar, Xunta de Galicia, Departamento Territorial de A Coruña, Casa do Mar 5ºº, 15006-A Coruña; jose.luis.cataño@xunta.es

INTRODUCCIÓN

• La producción mundial de erizo marino ha sido 117.000 toneladas anuales (Keesing & Hall, 1998), siendo los mayores productores Estados Unidos, Chile y Japón, mientras que Japón y Francia son los principales consumidores. En los años posteriores esta producción mundial de erizo fue disminuyendo progresivamente debido a gran parte a la reducción de capturas en Chile y Estados Unidos, siendo en el año 2009 de 73.320 toneladas (FAO, 2010). Los costes de este recurso empezaron a repercutir en el descenso de las exportaciones, destinadas a cubrir la demanda de mercado en países como Francia, Italia, Turquía, Bélgica o Japón, donde el erizo de mar es considerado una exquisitez culinaria, lo que también está provocando que cada año se exporten más erizos de las costas gallegas (Cataño, 2004), ocasionando un descenso en el recurso pero en una especie con lento reclutamiento y crecimiento. Por ello, se prevé que la explotación natural, en un futuro próximo, necesiten de planes de reproducción o mejor sistemas que optimicen el aprovechamiento del recurso, fomentando como la mejora del índice gonadal, por lo que es necesario el desarrollo de estrategias de cultivo.

• Galicia es el primer productor europeo de *P. lividus*, con una extracción anual que desde el año 1985, oscila entre 400 y 700 toneladas. En el periodo 1999-2013 el precio de primera venta osciló entre un mínimo de 0,1 €/kg y un máximo de 4 €/kg, con un valor medio, en 2013, de 3,07 €/kg y una explotación comercial que concierne a los días milanes de marzo anuales en los últimos seis años. La importancia económica del erizo de mar en Galicia, nos ha llevado a realizar diversas experiencias, desde el año 2006, con el objetivo de analizar las posibilidades de cultivo de esta especie en batea. El análisis de los cultivos nos debe permitir hacer una propuesta de acuicultura que pueda ser viable económicamente y que combine la sostenibilidad de la explotación del recurso con la posibilidad de regular el mercado natural.

DISCUSIÓN

• Los datos obtenidos con la experiencia del crecimiento en batea de los erizos juveniles extraídos del medio natural, no permiten realizar comparaciones con estudios realizados por otros investigadores en la misma especie y con otros sistemas de engorde, ya que no conocemos la edad de los erizos depositados en la batea, pero sí nos permiten asegurar que el engorde hasta tamaño comercial (350mm de diámetro) sería rentable a nivel industrial, debido a que el precio actual de los erizos en el mercado no compensa la inversión y el tiempo necesario, aunque sí son interesantes para conocer el comportamiento de los erizos en estas condiciones de cultivo, con el fin de poder desarrollar un sistema de engorde en batea de erizos juveniles para su uso en reproducción. Así, de los datos probados, los de algas (especialmente laminaria), tienen el mejor comportamiento, pudiendo ser almacenadas en los momentos de cultivo en el medio natural y congeladas hasta su uso. En nuestro caso, aunque no se llegaron a mejores resultados que con dieta natural de algas, los datos obtenidos fueron un buen comportamiento en cuanto a costes que permiten su conservación in situ en el reactor a lo largo de todo el periodo de cultivo, al menos durante una semana, siendo especialmente útiles como alternativa cuando aparecen casos de problemas con el suministro de algas. También se puede ver que las densidades de cultivo influyen significativamente en el crecimiento de los erizos, por lo que se debe tener en cuenta este hecho para el realización de estudios durante el proceso de engorde.

• Los datos de crecimiento de los erizos juveniles de criadero obtenidos con algas fueron un comportamiento muy bueno, ya que alcanzan tasas de 35mm o la dos años de edad (Rey-Méndez et al., 2011), especialmente en las condiciones de cultivo de erizos del medio natural en las costas de entrada, que tardan cuatro años en alcanzar una talla de 35-50mm de diámetro y posteriormente alcanzan su crecimiento (Cripps & Willis, 1975). Sería muy interesante la posibilidad de realizar un cultivo parcelado de los erizos juveniles procedentes de criadero, almacenados con algas durante un periodo de tiempo determinado con el fin de alcanzar un tamaño adecuado que les permita progresar de los depredadores y sobrevivir en su hábitat natural. Al año y medio de edad podrían alcanzar los 200mm de diámetro (Rey-Méndez et al., 2011), lo que probablemente sería un buen tamaño para utilizarlos en reproducción. Además, estos datos se podrían mejorar asociando los erizos del criadero y postcriadero a la batea o a zonas más tempranas.

• Los gónados de *P. lividus* presentan una gran importancia comercial, pudiendo llegar en su etapa de madurez al 15% de su peso fresco. En Galicia, la extracción de erizos está permitida desde noviembre a abril, coincidiendo en parte con el descenso anual que suele ocurrir en los meses de marzo y abril, cuando tardan con periodos de todo IG, por lo que se aumento sobre los índices de los erizos extraídos del medio natural (en valores superiores al 10% que es lo que se requiere para la explotación comercial), en un objetivo de interés en el cultivo, tanto para el aumento del periodo de explotación comercial, como para la generación de la especie (ya que se aumentaría el volumen de gónados extraídos y se podría reducir la extracción de ejemplares). Entre otros aspectos, la manipulación de la alimentación provoca el inicio de la ovogénesis fuera de estación (Lawrence, 2007) y el aumento del tamaño de los gónados (McDermott et al., 1997). Por este motivo, hemos diseñado y ensayado un total de diez dietas experimentales con el fin de incrementar el crecimiento gonadal, de ellas, lo que mejor funciona es la dieta 4, que nos permite mantener el IG en valores comerciales durante el menor tiempo posible (febrero a agosto), con valores del 15,56% que son superiores al de otros estudios de alimentación en erizos comerciales tanto en Escocia, donde Cook & Kelly (2007) obtuvieron un 10,4%, como en Francia (Frenot & Bourlaque, 1998). Los valores de IG conseguidos en esta experiencia son mayores que los habituales (12,2%) en erizos salvajes de Galicia (Monteiro-Torres & García-Martínez, 2003).

• La mayoría de los estudios orientados hacia la generación de tecnologías que permitan el cultivo del erizo de mar enfatizan la importancia del cultivo larvario, los sistemas de cultivo, el incremento de la calidad de la gónada y el desarrollo de dietas experimentales. Existe además una tendencia creciente al desarrollo de sistemas de cultivo en el medio marino de esta especie, diseñándose jaulas sumergidas, así como sistemas de cultivo con especies como el salmón, o sistemas multicelulares. El sistema de engorde en batea presenta la ventaja de tener un coste de mantenimiento e infraestructura considerablemente más bajo que los sistemas fijos de cultivo, teniendo la desventaja del menor control sobre las condiciones ambientales y que es más difícil el acceso a las estructuras de cultivo. Por otra parte, y dado que el objetivo principal de este trabajo era evaluar las posibilidades de la acuicultura para la especie *P. lividus* en Galicia, creemos que la batea es un sistema adecuado para llevar a cabo esta actividad de cultivo, por ser un sistema tradicional y por su gran capacidad de confinamiento de diferentes tamaños de erizo, dado que los resultados actuales de engorde hasta tamaño comercial no permiten valores económicamente rentables, proponemos el compartir en la misma batea actividades diferentes, dependiendo del uso final del producto de los ejemplares cultivados. Estas actividades serían dos principalmente, una es la producción de erizo juveniles (de 20 mm de diámetro) para uso en reproducción, lo que sería el cultivo del IG en erizo de tamaño comercial. La producción de juveniles empezaría con erizo de criadero de 5mm de diámetro (entre 3 y 4 meses de edad) y terminaría con erizo de 20mm de diámetro (a 150-200 erizos), listo para soñar en el medio natural después de seis meses en la batea alimentada con algas. El engorde de gónados de erizo de tamaño comercial (con capacidad de la batea de 150-200 erizos), se haría con dietas diseñadas (durante días meses) y especialmente en los periodos de tiempo que favorezcan el aumento del índice gonadal respecto a los erizos del medio natural (tres ciclos trimestrales). Coordinando el engorde y el cultivo en batea, se podrían mejorar los datos obtenidos en periodos de seis meses cada una, con una producción anual estimada de 3.100.000 erizos para reproducción y 54.000kg de gónados.

MATERIALES Y MÉTODOS

• Entre los años 2006 y 2013 se realizaron diferentes experiencias de cultivo de erizo de mar en una batea experimental de la Universidad de Santiago de Compostela (USC), ubicada en el polígono A de la ría de Maro Negro (ubicación: 42°44'43.84" N, 8°52'21.40" W), con el fin de ver las posibilidades de su explotación comercial. Se realizaron experimentos para determinar las mejores condiciones de cultivo (producción, densidades, diseño de estructuras de confinamiento, diferentes dietas naturales y diseñadas in laboratorio), tanto para el engorde de erizos juveniles extraídos del medio, como procedentes de criadero, así como el efecto de diferentes dietas sobre el índice gonadal de erizo de tamaño comercial.

RESULTADOS

1.- Engorde de erizos juveniles extraídos del medio natural.

Dieta	Densidad (erizos/m ²)	*Diámetro inicial (mm)	*Diámetro final (mm)	Incremento (%)
Control	50	27,86±3,33	37,57±4,74	34,85
algas	50	27,87±2,95	41,81±3,14	51,17
algas	10	30,30±1,64	43,75±1,28	51,06
Control	50	26,28±2,27	36,63±4,30	40,09
algas	50	26,98±2,14	40,83±2,27	49,81
algas	10	26,30±2,18	42,52±2,09	61,30
Control	50	25,20±1,12	42,36±2,44	60,21
algas	50	28,33±2,34	43,13±3,60	52,78
algas	10	25,56±1,31	43,43±3,92	75,40
Control	50	23,14±1,41	42,67±3,05	83,82
algas	50	23,23±2,13	40,79±4,00	65,55
algas	10	27,46±2,24	36,34±3,40	33,72
Control	50	36,84±3,49	47,96±2,67	48,89
algas	50	29,63±2,39	44,67±4,27	54,91
algas	10	30,26±1,57	47,24±2,92	56,42

Tabla 1.- Efecto de cinco dietas y tres densidades en la evolución del índice gonadal de *P. lividus* extraídos del medio natural y criados en batea (170 días). *Promedio ± desviación estándar. *Valores significativos (p<0.05) para todas las dietas con igual densidad.

2.- Engorde de erizos juveniles procedentes de criadero.

Grupos	Días en batea	*Diámetro inicial (mm)	*Diámetro final (mm)	Incremento (%)
Erizo pequeño 1ª tanda	1370	8,43±1,04	43,68±7,08	418,15
Erizo grande 1ª tanda	1370	12,24±1,55	44,34±8,56	259,32
Erizo 2ª tanda	1260	15,36±2,17	42,76±8,80	170,15

Tabla 2.- Evolución del diámetro de *P. lividus* procedentes de criadero y alimentados con algas en batea. *Promedio ± desviación estándar. *Valores significativos (p<0.01) para todos los grupos.

3.- Efecto de diferentes dietas experimentales sobre el índice gonadal de *P. lividus*.

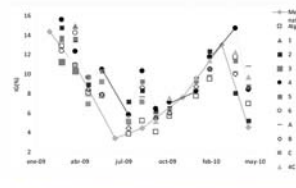


Figura 1.- Evolución del índice gonadal de erizos comerciales con diferentes dietas.

REFERENCIAS

Cataño JL (2004) History and current state of sea urchin aquaculture in Galicia (Spain). In: B. Barja & J. Barja (eds) *Sea urchins: Biology and aquaculture*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 1-10.
 Cook J & Kelly J (2007) Growth and survival of sea urchins *Paracentrotus lividus* in integrated open-sea culture with Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 87: 101-108.
 Cripps D & Willis M (1975) Age determination in the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Linn.) with notes on the reproductive cycle. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 55: 101-108.
 Díaz J (2010) *Reproducción y cultivo de erizo de mar (Paracentrotus lividus)*. Ph.D. Thesis. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Galicia, Spain. 150 pp.
 Frenot D & Bourlaque R (1998) Reproduction of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Linn.) in a semi-closed system. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 78: 101-108.
 Lawrence J (2007) *Reproduction and culture of sea urchins*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 349. FAO, Rome, Italy. 100 pp.
 Montenegro J (2003) *Reproducción y cultivo de erizo de mar (Paracentrotus lividus)*. Ph.D. Thesis. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Galicia, Spain. 150 pp.
 Rey-Méndez M, Tourón N, Pérez-Díez L, Rodríguez-Castro J, Quinteiro J, González-Henríquez N, Cataño JL (2011) *Reproducción y cultivo de erizo de mar (Paracentrotus lividus)*. Ph.D. Thesis. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Galicia, Spain. 150 pp.

AGRADECIMIENTOS

• Agradecemos a Xunta de Galicia a través de la Consellería de Medio Rural e do Mar el financiamiento de este trabajo.