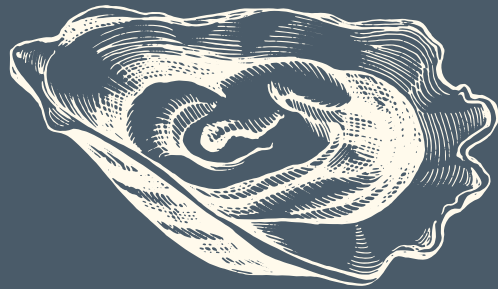


EL CULTIVO DE LA OSTRA RIZADA EN GALICIA

PASADO, PRESENTE Y FUTURO



XUNTA DE GALICIA



EL CULTIVO DE LA OSTRA RIZADA EN GALICIA

PASADO, PRESENTE Y FUTURO

XUNTA DE GALICIA, Consellería del Mar
Centro Tecnológico del Mar-Fundación CETMAR
Vigo (Pontevedra)
2017

EDITA: Centro Tecnológico del Mar-Fundación CETMAR; Centro de Investigacións Mariñas, Conselleria del Mar, Xunta de Galicia.

LUGAR: Vigo (Pontevedra)

AÑO: 2017

COMITÉ EDITORIAL: Elvira Abollo; Antonio Villalba; Pilar Sieiro; Julio Maroto.

ISBN: 978-84-697-3753-8

DEPOSITO LEGAL: C 703-2017

DISEÑO: Proimaxe

IMPRESIÓN: Tórculo Artes Gráficas, S.A.

PRESENTACIÓN

La acuicultura es el sector de producción de alimentos que mayor crecimiento anual experimenta en todo el mundo, proporcionando la mitad del pescado y marisco que se consume mundialmente. Galicia es una referencia a nivel nacional e internacional en acuicultura, no solo por su especial relevancia en el cultivo de moluscos bivalvos, que ha llevado a España a ser el segundo productor mundial de mejillón después de China, sino también por el enorme potencial que ofrecen las condiciones ecológicas de sus Rías. A esto se sumó, la capacidad innovadora acreditada por el sector que se ve reforzada por una importante infraestructura tecnológica e investigadora en este ámbito.

Por otro lado, la excesiva concentración productiva en el mejillón, que supone el 96% de la producción de la acuicultura marina en Galicia en el año 2015, se puede considerar como una debilidad de acuerdo con el análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO) de la Estrategia Gallega de Acuicultura. La diversificación de los cultivos se presenta como una opción para alcanzar un desarrollo sostenible de la acuicultura gallega, en términos ambientales, sociales y económicos, reduciendo los riesgos biológicos y de mercado inherentes a todo monocultivo. El abanico de estrategias en la diversificación de especies cultivadas es amplio, pero obligatoriamente debe

dar respuesta a premisas biológicas y de mercado. Por un lado deben ser especies zootécnicamente óptimas para la producción de una gran biomasa en corto espacio de tiempo, que se adapten a las condiciones medioambientales y que no causen un problema ecológico. También hay que tener en consideración que las especies deben ser conocidas y apreciadas por los consumidores, para que puedan ser fácilmente introducidas en el mercado.

La ostra es un molusco de alto valor y muy apreciado en muchos países. En España, el interés por este producto ha disminuido por diversas razones, como la escasa presencia en el mercado, el desconocimiento de formas diferentes al consumo en crudo o la sensación extendida de riesgo de intoxicación, entre otras. Aunque la comunidad gallega es la principal productora de ostra, tanto plana como rizada, estas especies apenas suponen el 0,3% de la producción total de moluscos bivalvos. En Galicia, las referencias a la ostra plana (*Ostrea edulis*) datan de tiempos prehistóricos. Como ejemplos, los restos hallados en los castros celtas o el mortero de la muralla de Lugo, que atestiguan el uso masivo de toneladas de conchas de ostras para su construcción. Los bancos naturales gallegos proporcionaron grandes cantidades de ostra plana que se exportaron incluso al Reino de Castilla y de Asturias. Sin embargo, ya en el s. XVIII se evidenciaron los primeros síntomas de agotamiento de los bancos, hasta que la explotación incontrolada llevó a su extinción. La ostricultura se

inició así como respuesta al declive de los bancos naturales. Sin embargo, a las dificultades para el desarrollo del cultivo se sumó posteriormente la aparición de serias enfermedades que afectaron y siguen afectando de forma importante al cultivo de la ostra plana en toda Europa. Por este motivo se recurrió como especie sustituta a la ostra rizada (*Crassostrea gigas*), la de mayor producción mundial, y cuyo cultivo tiene carácter experimental en Galicia al tratarse de una especie foránea.

En este libro, a lo largo de siete capítulos, expertos en diferentes ámbitos realizan un estudio detallado sobre la viabilidad del cultivo de la ostra rizada en Galicia. Para ello, se evalúa el impacto ambiental que supondría la introducción masiva en cultivo de una especie considerada invasora, se describe el estado actual de las poblaciones naturalizadas de ostra rizada y del cultivo en Galicia. También se dan las claves para que un cultivo basado en el engorde en batea se puede llevar a una fase industrial, mediante la producción de semilla en criadero, evitando la dependencia de otros países y eliminando riesgos biológicos y económicos. A lo largo de un capítulo, se describe en detalle el principal problema patológico que afecta actualmente al cultivo de esta especie, la mortandad estival, aportando claves para hacer rentable económicamente el engorde en Galicia. Siendo la producción un factor primordial también es crucial que la ostra se identifique como un alimento atractivo y saludable. Así, el libro también aborda un factor crítico para el

consumidor, el riesgo de contraer enfermedades al comer ostras, como gastroenteritis y hepatitis, que junto con el control y eliminación de la carga viral conforman el capítulo de seguridad alimentaria. Para mejorar el posicionamiento en el mercado de este producto, se abordan novedosas estrategias de comercialización de acuerdo a las nuevas pautas de consumo. El volumen se completa con un capítulo de gastronomía, que incluye una batería de magníficas recetas para disfrutar de este manjar de formas diversas con mínimo riesgo para la salud, ofreciendo múltiples alternativas al tradicional consumo en crudo, que no a todos complace, y ampliar así el espectro de consumidores.

Esta obra aporta una visión integral del cultivo de la ostra rizada en Galicia, permitiendo valorar cómo su cultivo puede ser una actividad de futuro, medioambientalmente sostenible, económicamente rentable y una alternativa a la diversificación de los cultivos en Galicia. Agradecemos la participación de todos los expertos, profesionales del sector de la acuicultura y la restauración, investigadores, profesores de Universidad y expertos de la administración gallega, que con su esfuerzo conjunto han hecho posible este libro.

COMITÉ EDITORIAL

Elvira Abollo, Antonio Villalba, Pilar Sieiro, Julio Maroto.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	8
Problemática asociada a la introducción de <i>Crassostrea gigas</i> y análisis de la situación en Galicia.	9
Resumen	10
Introducción	11
Distribución de <i>Crassostrea gigas</i>	13
Características biológicas y factores que influyen en su distribución	17
Consecuencias de la introducción: impacto vs. beneficio.	22
Gestión	25
La situación de la ostra rizada en Galicia	28
Conclusiones/recomendaciones	33
Bibliografía	34
CAPÍTULO 2	40
Cultivo y explotación de la ostra rizada <i>Crassostrea gigas</i> en Galicia.	41
Resumen	42
Historia del cultivo de la ostra rizada en Galicia	43
Situación actual del cultivo de <i>Crassostrea gigas</i> en Galicia	47
Poblaciones naturalizadas de ostra rizada en Galicia: explotación y potencial cultivo	50
Viabilidad técnica del cultivo integral en la ría de O Barqueiro	56
Bibliografía	64
CAPÍTULO 3	68
Producción de larvas y semillas de ostra rizada en criadero: una perspectiva industrial al cultivo.	69
Resumen	70
Antecedentes del cultivo de ostra rizada en criadero: la situación actual en Galicia	71
Instalaciones básicas de un criadero	72
Sistemas de filtración y tratamiento del agua	72
Cultivo de fitoplancton	74
Estabulación de reproductores y obtención de la puesta	76
Cultivo larvario	79
Fijación y metamorfosis	82
Cultivo de semilla	83
Producción de triploides	85
Ventajas de la producción de semilla en criadero	86
Bibliografía	88

CAPÍTULO 4	90
El reto de la alta mortalidad en el engorde de la ostra rizada <i>Crassostrea gigas</i> : infección por la microvariante del virus herpes 1 de ostreidos.	91
Resumen	92
Derrumbe de un paradigma: de la reputación de especie resistente a una crisis internacional por mortalidad alta	93
La infección por la microvariante del virus herpes 1 de Ostreidos	96
La mortandad estival de la ostra rizada en Galicia	102
Bibliografía	114
CAPÍTULO 5	122
Enfermedades de transmisión alimentaria: infecciones por Norovirus y virus de la Hepatitis A.	123
Resumen	124
Introducción	125
Moluscos bivalvos como bioacumuladores de patógenos humanos	125
Mecanismos de bioacumulación de virus entéricos en moluscos bivalvos	126
Controles microbiológicos en moluscos. Clasificación de las áreas de cultivo	127
Norovirus y consumo de moluscos bivalvos	129
Hepatitis A y consumo de moluscos bivalvos	131
Modos de contaminación	133
Métodos de control y eliminación	135
Conclusiones	141
Bibliografía	142
CAPÍTULO 6	150
La comercialización de los productos pesqueros: la ostra rizada.	151
Resumen	152
Introducción	153
La producción acuícola en Galicia	154
La comercialización de los productos de la acuicultura marina. El caso de la ostra	157
Hábitos de consumo de la ostra en España	159
Atributos de valor en los productos pesqueros	159
Los retos del sector frente a los mercados y las nuevas pautas de consumo	161
Bibliografía	163

CAPÍTULO 7	164
La cocina de las ostras, un manjar con mil posibilidades.	165
Introducción	166
Cocción de las ostras al vapor	167
Salpicón agridulce de ostras	168
Cebiche de ostras	170
Ostras en Bloody Mary de tomates negros de Santiago y Ribeiro	172
Ostras con crema de pimientos de Padrón y ají amarillo (tiradito de ostras)	174
Ostras en escabeche de ajo negro	176
Ostras en salsa agridulce	178
Ostras gratinadas al horno al estilo de New Orleans	180
Ostras a la parrilla con cilantro y patatillas	182
Ostras al albariño	184
Sopa ligera de ostras	186
Empanada o empanadilla de ostras	188
Ostras con fabas de Lourenzá	190

David Iglesias Estepa es licenciado en Ciencias del Mar por la Universidad de Vigo y Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Santiago de Compostela. Tras realizar su tesis doctoral en el Centro de Investigaciones Mariñas (CIMA) de la Consellería del Mar sigue vinculado al mismo trabajando en proyectos sobre la viabilidad del cultivo de la ostra rizada en Galicia. Entre los años 2006 y 2008 trabaja en el INTECMAR desarrollando los planes de vigilancia de enfermedades de moluscos en Galicia. En el año 2008 regresa al CIMA, incorporándose al Área de Recursos Marinos donde trabaja en la caracterización de las poblaciones de diferentes especies explotadas.

José Luis Gómez Gesteira es licenciado y doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Santiago de Compostela, y doctor en Físicas por la Universidad de Vigo. Especialista en recursos marinos y contaminación marina, ha participado en múltiples congresos, seminarios y conferencias de índole nacional e internacional, publicando diversos artículos científicos y realizando estancias en centros de investigación en el extranjero. Durante dos años llevó a cabo labores como asistencia técnica biológica en cofradías de pescadores. Desde el año 2007 trabaja como Técnico del Área de Control y Gestión del Medio y de los Recursos Marinos en la Fundación CETMAR, donde participa en múltiples proyectos nacionales e internacionales.



CAPÍTULO 1

Problemática asociada a la introducción de *Crassostrea gigas* y análisis de la situación en Galicia

David Iglesias Estepa y José Luis Gómez Gesteira

David Iglesias Estepa

Centro de Investigacións Mariñas (CIMA). Consellería del Mar, Pedras de Corón s/n.

36620 Vilanova de Arousa, Pontevedra.

david.iglesias.estepa@xunta.gal

José Luis Gómez Gesteira

Centro Tecnológico del Mar (Fundación CETMAR). Eduardo Cabello s/n.

36208 Vigo, Pontevedra.



RESUMEN

Crassostrea gigas es una especie endémica de las costas de Japón que fue introducida en un gran número de países a lo largo de todo el mundo para su cultivo. Se trata de una especie muy robusta, con una gran tolerancia fisiológica y con un enorme potencial reproductor por lo que, actualmente, se ha naturalizado en todos los continentes. *C. gigas* es una especie ingeniera que genera importantes cambios estructurales en los ecosistemas que coloniza. Aunque los arrecifes que llegan a formar son el origen de numerosos servicios ecosistémicos positivos a escala local, cuando prolifera de forma desmedida a escala global se convierte en una especie invasora, que genera múltiples impactos ecológicos y económicos, y cuya erradicación se convierte en una tarea imposible cuando alcanza densidades elevadas. Esta especie también es responsable de la diseminación global de muchas especies dañinas y agentes patógenos. El calentamiento global de los océanos propicia que la ostra rizada se propague y colonice nuevas zonas. El desarrollo de modelos predictivos que valoren el riesgo de su expansión resulta vital para diseñar estrategias de control/mitigación. En Galicia únicamente se ha constatado la presencia de poblaciones naturalizadas de *C. gigas* en algunas rías de la costa norte, a pesar de la introducción masiva de semilla para su engorde en batea en las Rías Bajas. Parece que las condiciones de baja temperatura y elevada salinidad que imperan en ellas limitan el desarrollo y la supervivencia de sus larvas conduciendo a su fracaso reproductivo.

Palabras clave: *Crassostrea gigas*, ostra rizada, especie exótica invasora, especie ingeniera, servicios ecosistémicos, impactos, análisis del riesgo, Galicia.



1. INTRODUCCIÓN

El movimiento premeditado de especies acuáticas con el fin de incrementar la producción pesquera y acuícola ha sido una práctica habitual dentro de la cría de animales a lo largo de más de dos mil años (Mann y col., 1991). Desde la época de los romanos las ostras fueron objeto de comercialización debido a que son capaces de sobrevivir largos períodos fuera del agua (Andrews, 1980). Es, principalmente, en la década de 1950 y 1960 cuando se incrementa el interés por la acuicultura marina, lo que llevó asociado el movimiento de especies de peces, moluscos, crustáceos, equinodermos y plantas marinas (cuya biología era bien conocida y que se habían mostrado como exitosas en su cultivo extensivo) hacia nuevas localizaciones geográficas a lo largo del mundo (Gollasch y col., 2005). Si bien es cierto que, estas actividades han sido muy exitosas en ciertos casos, en otros han originado serios problemas derivados de la naturalización de estas especies en los ecosistemas receptores o de la introducción accidental de enfermedades y otros organismos dañinos.

Estas especies, originarias de otras áreas geográficas, han recibido una gran variedad de denominaciones en la bibliografía (exóticas, no indígenas, no nativas, aliens, introducidas, colonizadoras, invasivas o invasoras) aunque con matices conceptuales en función de los autores

dependiendo del vector de transporte y de su impacto sobre el ecosistema (Lejart, 2009).

Un proceso de naturalización de una especie puede considerarse estructurado en tres fases sucesivas (Vermeij, 1996):

1. Fase de llegada o instalación, que se refiere a la llegada de una especie a un nuevo ambiente y al éxito en su establecimiento, es decir, a la creación de una población viable y permanente.
2. Fase de expansión de la especie en su nuevo ambiente, una vez ya establecida.
3. Fase de integración. Fase última en la que se establecen relaciones ecológicas estables entre la especie introducida y los diferentes componentes del ecosistema receptor. Aquí se incluiría la existencia de impacto negativo de la especie sobre el ecosistema, aspecto que algunos autores consideran necesario para que ésta sea considerada como invasora. Otros autores prefieren evitarlo ya que la consideración de impacto negativo constituye un juicio de valor humano que introduce subjetividad (Lejart, 2009).

En la presente revisión se emplearán indistintamente los términos especie *introducida* y especie *exótica* (en contraposición a especie *nativa* o *endémica*) atendiendo a la definición que se contempla en el Código de conducta del Consejo Internacional para la Exploración del Mar relativo a las introducciones y transferencias de organismos marinos (ICES, 2005). Es, por tanto,



“toda aquella especie transportada y diseminada intencionada o accidentalmente a través de un vector humano hacia hábitats acuáticos situados fuera de su rango nativo original”. Se contemplará además el término especie *invasora* como calificativo complementario referido a situaciones en las que la especie alcance la fase de integración y estén descritos efectos significativos de carácter negativo sobre el ecosistema receptor.

Históricamente, la mayoría de las introducciones de especies marinas con fines acuícolas consistieron en eventos poco controlados realizados sin considerar las amenazas que éstas suponían para los ecosistemas receptores (Chew, 1990). En tiempos más recientes se han incorporado protocolos de buenas prácticas para minimizar los riesgos derivados de las introducciones deliberadas de organismos marinos, basados en el análisis de riesgos. Éste consiste en intentar responder a una serie de preguntas básicas (¿qué puede ir mal?, ¿qué probabilidad hay de que vaya mal?, ¿cuáles pueden ser las consecuencias de que vaya mal? y ¿qué se puede hacer para reducir las probabilidades o las consecuencias de que vaya mal?) con el fin de identificar peligros inherentes a la actividad y evaluar y gestionar el riesgo derivado de la misma.

La ostra rizada *Crassostrea gigas*, también denominada ostra japonesa o del Pacífico, es una especie endémica de las costas de Japón y de Corea que fue introducida en un gran número

de países a lo largo de todo el mundo y que se ha naturalizado en muchos de los ecosistemas receptores (Mann y col., 1991; Shatkin y col., 1997; Ruesink y col., 2005; Miossec y col., 2009), llegando a considerarse una especie invasora o incluso una “peste” en algunos de ellos (Medcof y Wolf, 1975; Ayres, 1991; Reise, 1998; Diederich y col., 2005; Nehls y Büttger, 2007; Miossec y col., 2009; Dolmer y col., 2014). En general, la introducción de esta especie en muchos países no ha seguido protocolos de análisis de riesgos más allá del control sanitario de los stocks de partida y de la consideración de las condiciones ambientales del hábitat receptor (Shatkin y col., 1997), lo que puede justificar gran parte de los problemas acaecidos debido a su naturalización.

Además, el marco de cambio climático que está experimentando el planeta, y que está dando lugar a un incremento de la temperatura en el océano, propicia que ésta y otras especies se establezcan y propaguen hacia zonas donde antes no se daban las condiciones adecuadas para que el proceso reproductivo se completase con éxito (Thomas y col., 2016). Este panorama conlleva que se esté trabajando de forma muy activa en la evaluación de la problemática actual de *C. gigas* y en el desarrollo de modelos predictivos que valoren el riesgo de expansión de esta especie hacia nuevas zonas (Syvret y col., 2008; Hily, 2009; Callaway y col., 2012; Herbert y col., 2012; Jones y col., 2013; Kochmann y col., 2013; Dolmer y col., 2014; Thomas y col., 2016).



El presente capítulo pretende revisar la problemática asociada a la introducción de *C. gigas*, derivada fundamentalmente de su gran potencial invasor. Por otra parte, tras más de 20 años de cultivo, parece adecuado revisar la situación de esta especie en Galicia y, por ello, se delinearán también el conocimiento adquirido a lo largo de los últimos años y se perfilarán aquellas líneas de estudio susceptibles de ser abordadas en un futuro.

2. DISTRIBUCIÓN DE *CRASSOSTREA GIGAS*

Aunque originaria de la costa Indo-Pacífica de Asia (*Fig. 1*), *Crassostrea gigas* ha sido objeto de un gran número de introducciones a lo largo de la geografía mundial (Ruesink y col., 2005) con el fin de reemplazar poblaciones de ostras nativas que se encontraban diezmadas, principalmente debido a la sobrepesca o a enfermedades (Mann y col., 1991; Shatkin y col., 1997; Wolf y Reise, 2002), o para crear una industria allí donde no la había (Dolmer y col., 2014). Las introducciones más significativas tuvieron lugar desde Japón hacia la costa oeste de Estados Unidos en las décadas de 1920-1930 y entre 1946 y los años 1970; hacia el sur de Australia entre 1947 y 1952; y hacia Francia en la década de 1970 (Chew, 1990). A finales de la década de 1980, debido, fundamentalmente, a la disponibilidad de abundantes cantidades de semilla de ostra rizada producida en criaderos comerciales de la costa oeste de Estados Unidos

y a la eficiencia en el transporte, se produce un incremento espectacular en el movimiento de esta especie a nivel mundial, ya sea con fines experimentales o comerciales (Chew, 1990). En la *Tabla 1* se documentan gran parte de todos estos movimientos, que suponen su introducción en más de 60 países repartidos a lo largo de toda la geografía mundial (*Fig. 1*). Este flujo ha dado lugar al establecimiento de poblaciones estables de *C. gigas* en, al menos, 30 países; adquiriendo en siete de ellos la categorización de especie invasora según el Grupo Especialista en Especies Invasoras de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza; *Tabla 1*).

Además de los movimientos activos de ostras, existen evidencias de que han ocurrido introducciones secundarias de *C. gigas* a través del transporte pasivo de sus larvas en el seno de corrientes marinas y/o en el agua de lastre de barcos o, en estado adulto, adheridas al casco de los barcos (Dinamani, 1971, 1991; Ayres, 1991; Child y col., 1995). La proliferación de esta especie hacia nuevos hábitats está ampliamente documentada a través de diferentes fuentes (como por ejemplo: <http://www.iucngisd.org>, www.nobanis.org, <http://www.marinepests.gov.au> o <http://www.marinespecies.org>) siendo actualmente una especie de distribución mundial que aparece naturalizada en todos los continentes (*Fig. 1*). Durante las últimas décadas, *C. gigas* ha incrementado su área de distribución biogeográfica a lo largo de la costa NO de Europa más allá del



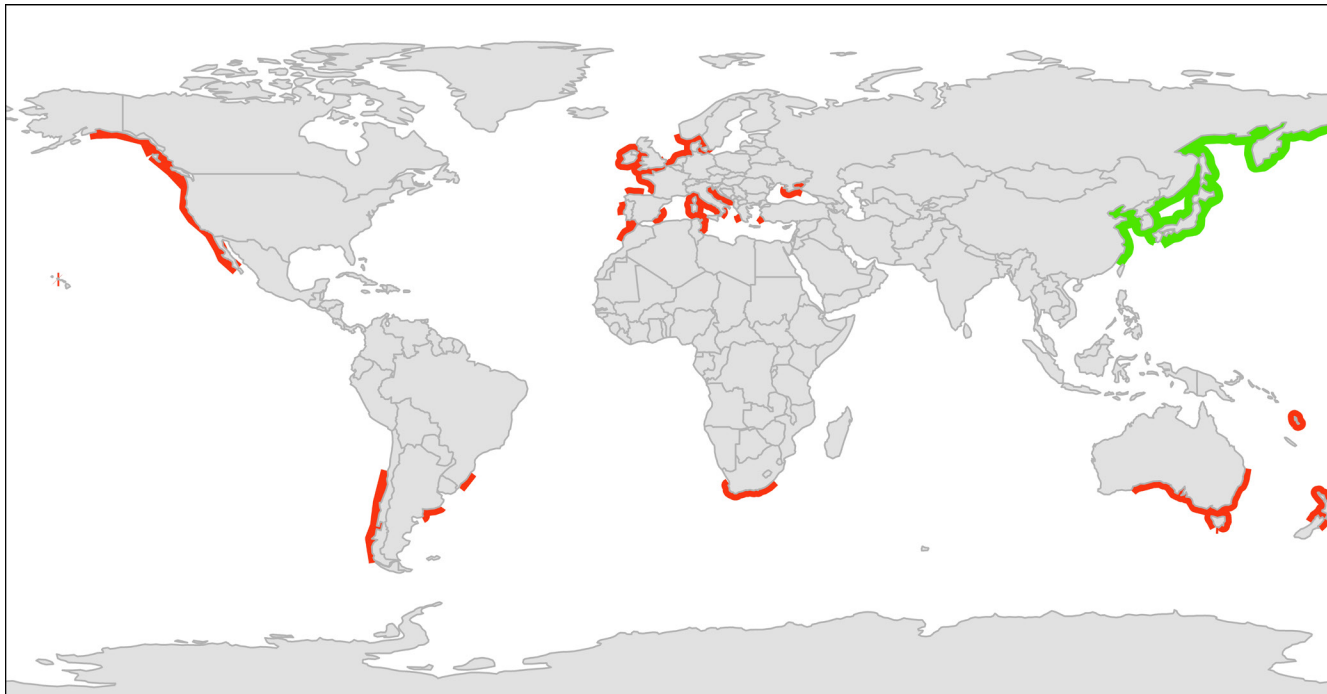


Figura 1. Distribución mundial de *C. gigas*. Se muestra en verde su rango natural de distribución original y en rojo las zonas en donde se han establecido poblaciones naturalizadas tras su introducción.

área inicial de introducción para su cultivo (Reise, 1998; Diederich y col., 2005; Nehls y Büttger, 2007), documentándose poblaciones de esta especie establecidas en Noruega a 60° de latitud norte (Wrangé y col., 2010). Thomas y col. (2016) concluyen que esta drástica expansión de la especie hacia el norte (1400 km en 30 años) se debe a que el incremento de la temperatura ha ampliado su nicho reproductivo y las condiciones térmicas óptimas para el desarrollo larvario

de *C. gigas*, relacionándolo directamente con el calentamiento global e incrementos en la abundancia de fitoplancton. El incremento en la temperatura del agua previsto para el siglo XXI en el marco de cambio climático que está experimentando el planeta (IPCC, 2007) puede exacerbar la expansión de *C. gigas* a lo largo de las costas europeas y, a una escala más global, el rango latitudinal de su actual distribución biogeográfica a nivel mundial (Carrasco y Barón, 2010).



Tabla 1. Introducción y movimientos de *Crassostrea gigas* a nivel mundial. Datos tomados a partir de Ruesink y col. (2005) e información actualizada añadida.

Área de introducción	País de procedencia	Fecha	Cultivada	Naturalizada†	Invasiva ‡	
África	Argelia	< 1984	Sí			
	Isla de Madeira (Atlántico subtropical)	Reino Unido	1991	No		
	Marruecos	Francia	< 1966	Sí	Sí	No
	Mauricio (Océano Índico)	Estados Unidos (costa oeste)	1971	Probable	Poco probable	
	Namibia	Chile	1990	Sí	No	
	Senegal		< 2001			
	Seychelles	Japón	1974		Poco probable	
	Sudáfrica	Estados Unidos (costa oeste), Chile, Francia, Reino Unido	1950	Sí	2001	No especificado
	Túnez	Francia	< 1984	Sí	Sí	No
	América	Argentina	Chile	1982	Sí	1987
Belice		Estados Unidos (costa oeste)	1980			
Brasil		Reino Unido, Japón, Francia, Chile, Estados Unidos (costa oeste)	1974-1989	Sí (1)	Sí	
Canadá (costa oeste)		Japón, Estados Unidos (costa oeste)	1912-1977	Sí	1925	Sí
Chile		Estados Unidos (costa oeste)	1983	Sí	Sí	Sí
Costa Rica		Estados Unidos (costa oeste)	1979			
Ecuador		Estados Unidos (costa oeste), Chile	1980	Sí	No	
México (costa este)						
México (costa oeste)		Estados Unidos (costa oeste)	1973	Sí	Sí	
Perú			< 1997			
Puerto Rico		Estados Unidos (costa oeste)	1980		No	
Estados Unidos (Alaska)		Estados Unidos (costa oeste)	1980	Sí	Sí	Sí
Estados Unidos (costa este)		Estados Unidos (costa oeste)	1930 - 1990	No	Poco probable	
Estados Unidos (costa oeste)		Japón, Corea	1902	Sí	Sí	California y Washington
Estados Unidos (Golfo de México)			1930	No	No	
Estados Unidos Islas Vírgenes (Caribe)		Estados Unidos (costa oeste)	1980			



El cultivo de la ostra rizada en Galicia: pasado, presente y futuro

Área de introducción	País de procedencia	Fecha	Cultivada	Naturalizada†	Invasiva ‡	
Asia	China	Japón	1979 (b)			
	Chipre			Sí	No	
	Israel	Reino Unido	1976	Sí	Poco probable	
	Japón	Estados Unidos (costa oeste)	1980 (b)			
	Corea	Estados Unidos (costa oeste)	1981 (b)			
	Filipinas	Japón		Probable		
	Malasia	Estados Unidos (costa oeste)	1980			
	Myanmar (Birmania)			Poco probable		
	Rusia y Ucrania (Mar Negro)		1976		Sí (2)	
	Singapur		2003	Sí	Poco probable	
Europa	Alemania	Reino Unido (Escocia)	1971-1987	Sí	1991	No especificado
	Bélgica		1990 (a)		Sí	No
	Croacia		1980 (a)	Poco probable	Sí	
	Dinamarca	Estados Unidos (costa oeste), Alemania	1972 - 1980	No	Sí	No* (3)
	España	Francia	1980	Sí	Sí	No
	Francia	Japón, Canadá (costa oeste)	1966-1977	Sí	1975	No
	Grecia				Sí	No
	Holanda	Canadá (costa oeste), Bélgica, Francia, Estados Unidos (costa oeste)	1964-1981	sí	1976	Sí
	Irlanda	Francia, Reino Unido	< 1993	Sí	Sí	
	Italia	Francia	1972	Sí	Sí (4)	
	Malta				Sí	No
	Jersey (Islas del Canal)	Reino Unido	< 1986		Sí	No especificado
	Noruega	Estados Unidos (costa oeste), Reino Unido (Escocia)	1976-1986	Sí	Sí	No* (3)
	Portugal	Francia, Estados Unidos (costa oeste)	1977		Sí	No
	Reino Unido	Canadá (costa oeste), Estados Unidos (costa oeste), Hong Kong, Israel	1926, 1965 - 1979	Sí	Sí	No
Suecia	Reino Unido (Gales)	1973-1976	No	Sí	Sin datos* (3)	



Área de introducción	País de procedencia	Fecha	Cultivada	Naturalizada†	Invasiva‡	
Pacífico	Australia - Nueva Gales del Sur	Australia (Victoria, Tasmania)	1967 (a)	Sí	1985	Sí
	Australia - Victoria	Australia (Tasmania)	1955	Sí	Sí	Sí
	Australia - costa oeste y Tasmania	Japón	1947-1970	Sí	Sí	Sí
	Fidji	Japón, Estados Unidos (costa oeste), Australia, Filipinas	1968-1977		Poco probable	
	Guam	Taiwan	1975	Poco	No	
	Estados Unidos - Hawai	Japón, Estados Unidos (costa oeste)	1926, 1980	Sí	1960? (Pearl)	
	Polinesia francesa	Estados Unidos (costa oeste)	1972-1976	Poco	Sí	No
	Nueva Caledonia	Japón, Estados Unidos (costa oeste), Australia, Tahití	1967-1977	Sí	Poco probable	
	Nueva Zelanda	Japón o Australia (Victoria, Tasmania)	1958 (a)	Sí	Sí	Sí
	Palaos	Estados Unidos (costa oeste)	1972-1973		Poco probable	
	Samoa	Estados Unidos (costa oeste)	1980			
	Tahití	Estados Unidos (costa oeste)	1972-1976		No	
	Tonga	Japón, Australia (Tasmania)	1975		Poco probable	
	Vanuatu	Estados Unidos (costa oeste)	1972		Sí	No

† Se indica año de naturalización registrado.

‡ La información sobre su capacidad invasora procede de la categorización del Invasive Species Specialist Group (ISSG) de la UICN (Pagad y col., 2015). (a) Corresponde a una expansión del área colonizada y (b) una transferencia dentro del área natural de distribución de la especie. *Considerada como invasora en las publicaciones citadas pero no por el ISSG de la UICN. (1) Melo y col., 2010; (2) Marshall y Gofas, 2015; (3) Wrangle y col., 2010; Dolmer y col., 2014; (4) Occhipinti Ambrogio, 2001; Roncarati y col., 2010.

3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Y FACTORES QUE INFLUYEN EN SU DISTRIBUCIÓN

Como se ha descrito anteriormente, la ostrizada tiene una gran capacidad de naturalización en las zonas en que se ha introducido. Se trata de una especie muy robusta, con una gran tolerancia fisiológica a una amplia variedad

de condiciones ambientales y con un enorme potencial reproductor en condiciones óptimas. El carácter invasor de *C. gigas* viene determinado por la interacción existente entre su biología y los factores ambientales y bióticos del ecosistema receptor. Estos factores pueden considerarse factores de riesgo, por lo que su evaluación es fundamental en el desarrollo de un proceso de



análisis de riesgos relacionado con la capacidad invasora de esta especie.

Ecofisiología de la especie

Como todas las ostras del género *Crassostrea*, la ostra rizada es una especie eurihalina y euriterma, altamente especializada para sobrevivir y reproducirse en ambientes estuarinos, en los que las aguas presentan amplias variaciones de salinidad y una elevada turbidez (Andrews, 1979). El rango de tolerancia de ostras *C. gigas* adultas a diferentes factores ambientales se sintetiza en la *Tabla 2*. Se trata de un molusco bivalvo filtrador que se alimenta de enormes cantidades de bacterias, protozoos, fitoplancton, larvas de otros invertebrados, detritus y materia orgánica particulada que extrae del agua que atraviesa sus branquias (Nehring, 2011). Su capacidad para producir pseudoheces le permite crecer y sobrevivir en aguas con una elevada turbidez (Mitchell y col., 2000). *C. gigas* es capaz de sobrevivir a períodos de baja salinidad regulando el grado de apertura de sus valvas (Pauley y col., 1988). También a largos períodos de emersión, habiéndose documentado ostras adultas que soportaron hasta 20 días fuera del agua (Mitchell y col., 2000). En lo que se refiere a su hábitat natural, *C. gigas* aparece fijada sobre sustratos duros como rocas, piedras sueltas o estructuras artificiales como diques, rompeolas o infraestructuras marinas y acuícolas. Asimismo, se fija sobre conchas de ostras de su misma especie o sobre bivalvos de otras especies, como mejillones (*Fig.*

2). En zonas de sustratos blandos (fango o arena) se observan también poblaciones de *C. gigas* si existen fragmentos de concha o grava disponibles para la fijación inicial de las larvas. Tras una primera fijación y en virtud de su comportamiento gregario, que favorece la fijación de sus larvas sobre las conchas de individuos congéneres ya instalados, se generan arrecifes constituidos por varios niveles de ostras fijadas unas sobre las otras en lugares que previamente no parecían adecuados para la instalación de esta especie (Duchêne, 2015). Normalmente sus poblaciones se asientan en aguas protegidas del interior de estuarios, preferentemente en la zona intermareal y submareal somera (aproximadamente 3 m de profundidad), aunque se han observado ostras en zonas de exposición moderada al oleaje y hasta a 40 m de profundidad (Minchin y Gollasch, 2008).



Figura 2. Ostra rizada juvenil fijada sobre la concha de un mejillón en la Ría de O Barqueiro.

Fotografía cedida por Luis Rodríguez González



La ostra rizada presenta elevadas tasas de crecimiento, la talla media oscila entre 150 y 200 mm, aunque ejemplares excepcionales pueden alcanzar los 400 mm (Nehring, 2011). La longevidad media está en torno a los 10 años (NIMPIS, 2016; Minchin y Gollasch, 2008) pero algunos autores sitúan en hasta 30 años su longevidad máxima (Nehring, 2011).

En cuanto a su fisiología reproductiva, *C. gigas*, como la mayoría de las ostras, es hermafrodita protándrica. Es decir, funcionalmente presenta sexos separados en cada estación reproductiva pero cambia de sexo durante su vida, siendo habitual que la primera vez madure como macho.

Las condiciones ambientales, especialmente la cantidad de alimento, afectan al cambio de sexo y, por tanto, a la proporción de sexos (*sex ratio*) en la población (Nehring, 2011; Dolmer y col., 2014). La maduración sexual se alcanza durante el primer año de vida. La capacidad reproductiva es dependiente de la condición de las ostras, que está afectada por el ambiente en el que habitan, pero es habitual que los órganos reproductores constituyan hasta el 70 % del total del peso seco de un individuo adulto maduro (Miossec y col., 2009). Existe una temperatura umbral mínima muy estricta de 17 °C, que debe alcanzarse para que maduren por completo las gónadas en las hembras y tenga lugar la liberación de los gametos (Castaños y col., 2009). Se trata de una especie muy fecunda, de modo que una ostra con

una talla media de entre 80 y 150 mm produce entre 50 y 100 millones de ovocitos, que pueden ser liberados en una única puesta (Quayle, 1969).

La puesta es sincrónica en machos y hembras y la fertilización tiene lugar en un plazo de 10-15 horas (Nehring, 2011). La larva planctotrófica resultante tiene comportamiento pelágico; nada libremente en la columna de agua alimentándose de fitoplancton y se desarrolla durante 2-4 semanas, según la temperatura, la salinidad y la cantidad de alimento disponible. Para que el período larvario se complete con éxito y la larva pelágica sufra la metamorfosis que la convierta en un organismo sésil, se requieren temperaturas superiores a 18 °C sostenidas de manera ininterrumpida como mínimo durante dos semanas (Mann y col., 1991). La temperatura óptima para el desarrollo larvario se sitúa en torno a los 21-22 ° en un rango de salinidad de 25 a 35 psu pero, cuanto mayor es la salinidad, mayor debe ser también la temperatura, estando comprometida la producción larvaria cuando la temperatura es inferior a 18 °C y la salinidad superior a 34 psu (Héral y Deslous-Paoli, 1991). Cabe destacar que el conocimiento de la tolerancia ecofisiológica de *C. gigas* está lejos de ser completo. En concreto, se desconocen los efectos sinérgicos de salinidad elevada y escasez de alimento en el crecimiento y supervivencia larvaria; y si la aclimatación de los adultos puede influir en el desarrollo larvario (Wiltshire, 2007).



Tabla 2. Rango de tolerancia de individuos adultos de *Crassostrea gigas* a diferentes factores ambientales. A partir de Pauley y col. (1988), Mitchell y col. (2000), NIMPIS (2016), Minchin y Gollasch (2008).

Factor	Rango registrado	Rango óptimo
Temperatura del agua	1 - 34 °C Pueden sobrevivir a temperaturas negativas de congelación en exposición aérea durante la bajamar	15 - 20 °C Tasas de crecimiento mayores a partir de 10 °C, pero crece incluso por debajo de esta temperatura
Salinidad	11 - 48 psu	25 - 35 psu
Oxígeno disuelto	Saturaciones 40 - 100 % 2,9 - 10,6 mg/L	>70 %
pH	7,4 - 8,5	>7,4
Disponibilidad de alimento	1 - 55 mg/L de clorofila a	>12mg/L de clorofila a
Turbidez	0 - 100 mg/L	0 - 8 mg/L
Hidrodinamismo	Zonas de agua estancada a oleaje moderado	Zonas afectadas por corriente de marea pero no fuerte oleaje
Profundidad	-1,5 - 40 m Tolera exposiciones aéreas de más del 50 % del período mareal	Intermareal bajo y submareal somero (hasta 3 m)
Sustrato	Típicamente fijada sobre sustratos duros (rocas, estructuras artificiales, conchas de congéneres y otras especies de moluscos). También en sustratos blandos si existen fragmentos de concha o grava disponibles para la fijación larvaria inicial	Más abundantes en rocas hacia la línea de bajamar

Por otra parte, se sabe poco acerca de la adaptación genética que puede ocurrir tras su introducción en nuevos ambientes (Lapègue y col., 2007). Tras tantos años de introducciones y transferencias a nivel mundial, es probable que se haya producido una reducción en la diversidad genética de la

especie (Miossec y col., 2009). Sin embargo, dada la enorme plasticidad de *C. gigas* en diferentes ambientes y la reciente disponibilidad de marcadores genéticos, es probable que el proceso de adaptación genética se haya infravalorado hasta el momento (Miossec y col., 2009).



Factores del ecosistema (factores de riesgo)

Salinidad y temperatura

Resulta un tanto paradójico que una especie que tolera un rango tan amplio de condiciones ambientales en estado adulto sea tan restrictiva en lo que se refiere a las condiciones necesarias para que su reproducción se complete con éxito (Castaños y col., 2009).

En situaciones en las que se contemplaba la introducción de *C. gigas*, los primeros análisis de riesgo para el establecimiento y naturalización de esta especie se basaron principalmente en el control de los valores de temperatura, situando el valor crítico de riesgo en un mínimo de 18 °C sostenidos durante dos semanas (Mann y col., 1991; Shatkin y col., 1997). Sin embargo, parece que la interacción temperatura-salinidad es clave para el desarrollo larvario, siendo necesarios mayores valores de temperatura cuanto mayor es la salinidad para que éste se complete con éxito (Héral y Deslous-Paoli, 1991). También es muy importante considerar las condiciones ambientales reales existentes en el hábitat receptor, ya que las condiciones locales pueden ser significativamente diferentes a las globales recogidas en series oceanográficas disponibles a nivel institucional. Así, es habitual que existan temperaturas superiores a lo esperado en capas de agua superficiales de zonas someras o en el intermareal que tengan efectos netos significativos en el desarrollo gonadal y larvario (Dolmer y col., 2014).

Hidrodinamismo

El grado de exposición al oleaje es un importante factor que limita la distribución de la especie (Mitchell y col., 2000), siendo habitual que las poblaciones más abundantes se sitúen en zonas protegidas del interior de los estuarios. Probablemente debido a que las condiciones de bajo hidrodinamismo favorecen la acumulación larvaria y el auto-reclutamiento sobre las conchas de los adultos de la misma especie (Duchêne, 2015).

Profundidad

El nivel mareal que ocupan las ostras tiene una gran influencia en la supervivencia y propagación en aquellas poblaciones instaladas en latitudes altas. En estas regiones los inviernos son muy severos, provocando mortalidades invernales debidas a las heladas. Se ha constatado que la fracción de la población situada a un nivel submareal más profundo presenta menor mortalidad y estas ostras tienen el potencial de regenerar la población en la siguiente estación reproductiva (Dolmer y col., 2014).

Depredadores y enfermedades

Se trata en ambos casos de dos factores clave a la hora de regular el tamaño de la población, pues determinan de forma directa la tasa de mortalidad natural. Resulta relativamente habitual que, en un primer momento, las especies exóticas introducidas en un nuevo ecosistema carezcan de depredadores naturales o parásitos.



Sin embargo, conforme avanza el proceso de naturalización, comienzan a establecerse relaciones ecológicas estables con componentes del ecosistema receptor, que conducen a una fase de ajuste que tiende a reducir la densidad de la especie introducida (Reise y col., 2006). Entre los depredadores naturales potenciales descritos para *C. gigas* destacan las estrellas de mar (*Asterias* spp.), gasterópodos perforadores (como *Ocenebra erinaceus*), poliquetos spiónidos (como *Polydora* sp.), cangrejos (*Carcinus maenas*), bogavantes, ciertos peces como las doradas y diferentes especies de aves marinas como patos, ostreros y gaviotas (Shatkin y col., 1997; NIMPIS, 2016; Dolmer y col., 2014); si bien la presión depredadora sobre esta especie está muy ligada a la talla y disminuye de forma importante a partir de que la ostra supera cierto tamaño (Hedge y Johnston, 2014; Weerman y col., 2014).

Las enfermedades también pueden ser un importante factor limitante del desarrollo de las poblaciones de ostra. Aunque se vea afectada por diferentes agentes infecciosos (Elston, 1993), *C. gigas* se ha considerado tradicionalmente una especie paradigma de resistencia a las enfermedades. Sin embargo, desde 2008 se han producido mortalidades masivas de ostra rizada asociadas a la infección por una nueva variedad altamente virulenta de un virus tipo herpes de la ostra (OsHV-1 μ var), que ha afectado de forma severa a la industria ostrícola francesa y de otros países europeos (Segarra y col., 2010). En lo que

respecta a las poblaciones naturales, aunque ya se habían descrito mortalidades masivas de *C. gigas* en costas del norte de Europa (Watermann y col., 2008; Nehring, 2011), hasta el momento no se habían asociado con la presencia de OsHV-1 μ var. Actualmente, la presencia de este agente se ha sido confirmado en poblaciones naturales de *C. gigas* del Mar de Wadden (Gittenberger y col., 2016) y se ha asociado a importantes mortalidades detectadas en poblaciones naturales de Noruega y Suecia (Mortensen y col., 2016). Recientemente, se ha descrito en Italia la presencia de diferentes variedades de OsHV-1 en poblaciones de *C. gigas* establecidas en las costas bañadas por el Mar Adriático, sin que se hayan detectado mortalidades anómalas en las mismas (Burioli y col., 2016).

Actualmente el virus OsHV-1 y sus variantes presentan una distribución más cosmopolita de lo que *a priori* se pensaba y no cabe descartar que en un futuro se revele como un importante factor de control natural de las poblaciones, si se producen brotes epidémicos que causen mortalidades masivas.

4. CONSECUENCIAS DE LA INTRODUCCIÓN: IMPACTO VS. BENEFICIO

La ostra rizada es una especie que origina importantes cambios estructurales en los ecosistemas en los que se integra. Esto se debe a que



es una especie “ingeniera”, es decir, una especie con capacidad para modificar la estructura física, la complejidad y la heterogeneidad del ambiente (Jones y col., 1994). A través de los arrecifes que forma, *C. gigas* constituye por ella misma un hábitat que perdura incluso tras la muerte de los individuos que lo constituyen y que genera impactos pero también numerosos servicios ecosistémicos que pueden considerarse positivos (Beck y col., 2011; Duchêne, 2015). Al tratarse de una especie explotable comercialmente, *C. gigas* genera ingresos económicos que se incorporan a la balanza de impactos vs. beneficios y, por tanto, a su percepción o no como especie invasora. A pesar de todo ello, hoy está de fuera de toda duda que, si las condiciones son adecuadas, *C. gigas* es una especie altamente invasora que puede producir múltiples impactos en los ecosistemas receptores (Ruesink y col., 2005; Padilla, 2010).

Algunos países no dudan en caracterizarla como una “peste” (NIMPIS, 2016) y expertos europeos del proyecto DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe) la han catalogado como una de las “100 especies exóticas más invasivas en Europa” (Nehring, 2011). Las consecuencias de la naturalización de esta ostra vendrán determinadas en gran medida por consideraciones de escala, tanto a nivel espacial como temporal, por lo que resulta posible que aún no se hayan manifestado por completo en muchos casos (Méndez y col., 2015). Está fuera de los objetivos de este capítulo el ahondar en los

múltiples efectos que *C. gigas* puede originar a nivel ambiental y por ello se describirán de modo genérico los efectos positivos y negativos que esta especie puede jugar a nivel de ecosistema y también desde un punto de vista socioeconómico.

Beneficios ecológicos (servicios ecosistémicos)

Se incluyen aquí toda una serie de servicios ecosistémicos que se derivan del papel estructural y funcional que, como especie ingeniera, desempeña *C. gigas* en el ecosistema. Los arrecifes que construye esta especie están integrados por multitud de ostras, dispuestas unas sobre otras, formando densas agregaciones y tienen, por tanto, la capacidad de generar un hábitat tridimensional donde lo que había era un hábitat plano (Padilla, 2010). Las propias conchas de la ostra constituyen un sustrato duro adecuado para la fijación larvaria favoreciendo el reclutamiento de numerosas especies sésiles. Adquieren, pues, un rol de soporte, refugio y alimentación para numerosas especies (Duchêne, 2015). A pequeña escala producen una modificación de la población autóctona incrementando localmente la abundancia, la biomasa y el número de especies (Pagny y Hily, 2010; Duchêne, 2015). Como estructura, alteran localmente el hidrodinamismo ralentizando el flujo de agua y favorecen la sedimentación de partículas finas, por lo que pueden contribuir a prevenir la erosión costera (Beck y col., 2011; Duchêne, 2015). Debido a su régimen alimentario, y a su enorme capacidad de filtración a las elevadas densidades en que se



encuentran cuando forman arrecifes, las ostras reducen los sólidos en suspensión de la columna de agua incrementando su transparencia y favoreciendo el desarrollo de especies que ven limitado su desarrollo por falta de luz, como por ejemplo las praderas marinas (Padilla, 2010; Beck y col., 2011; Duchêne, 2015). Su actividad filtradora también favorece la eliminación del exceso de nutrientes e incrementos en la producción primaria por procesos de remineralización.

Impactos ecológicos

Los impactos ecológicos se derivan en muchos casos de un problema de escala, de modo que lo que se consideran beneficios a una escala local se convierten en impactos negativos muy serios cuando se extienden a una escala global. Así cuando el tipo de hábitat arrecifal se impone a otros hábitats intermareales:

- se produce una homogenización de la flora y fauna y esto conduce, en definitiva, a una banalización del litoral (Pagny y Hily, 2010; Nehring, 2011);
- puede acarrear la destrucción (directamente por sofocación) de hábitats de elevada importancia ecológica, como pueden ser bancos de mejillón, arrecifes de *Sabellaria alveolata* o praderas marinas de *Zostera* (Duchêne, 2015);
- puede originar una limitación en el alimento y el espacio disponible, provocando el desplazamiento de especies nativas (Nehring, 2011);
- como consecuencia de su actividad filtradora y de la producción de pseudoheces, en zonas de bajo

hidrodinamismo se puede generar enfangamiento y enriquecimiento orgánico que favorezca la eutrofización. También, se pueden ver afectadas las interacciones bento-pelágicas y dar lugar a modificaciones profundas de las cadenas tróficas (Nehring, 2011; Duchêne, 2015).

Todos estos impactos son consecuencia de su naturalización y potencial invasivo. Sin embargo, *C. gigas*, como especie introducida a nivel mundial para su cultivo y explotación, es responsable también de la diseminación global de muchas especies acompañantes o “autostopistas” (*hitchhiking species*). Entre éstas se incluyen especies dañinas, como los gasterópodos *Ocenebrellus inornatus* y *Crepidula fornicata*, y algas invasoras como *Sargassum muticum*; agentes patógenos, como *Mytilicola orientalis* (Ruesink y col., 2005; Miossec y col., 2009), *Bonamia ostreae* y *B. exitiosa* (Lynch y col., 2010), *Haplosporidium nelsoni* (Ruesink y col., 2005; Miossec y col., 2009) o OsHV-1 μ var (Miossec y col., 2009; Nehring, 2011).

Fruto también del movimiento de esta especie a lo largo del planeta, tanto hacia zonas fuera de su rango natural (introducciones) como hacia zonas incluidas dentro de distribución natural (transferencias), se han producido efectos genéticos relacionados con la hibridación entre especies o a la posibilidad de introgresión (Nehring, 2011). Esto tiene su importancia porque puede repercutir, entre otras cosas, en la capacidad



ecofisiológica de la especie con las implicaciones que ello puede tener en su potencial invasor.

Aspectos económicos y sociales

Resulta evidente que el principal beneficio que genera esta especie a nivel económico y social deriva de los ingresos y puestos de trabajo que genera su cultivo y explotación. La aparición de poblaciones naturalizadas supone una oportunidad, porque constituye una fuente estable de semilla para la acuicultura, sin tener que recurrir a la introducción continua de lotes de origen foráneo o procedentes de criadero (Pagny y Hily, 2010; Duchêne, 2015). Esto supone un importante ahorro en los costes de explotación y además disminuye el riesgo asociado a la introducción de especies nocivas y enfermedades (Nehring, 2011). Por otra parte, a raíz de las elevadas mortalidades registradas en Francia y otros países europeos en relación con el virus tipo herpes OsHV-1 μ var, la explotación marisquera de estas poblaciones naturalizadas constituye un recurso económico antes no contemplado debido a la menor calidad de estas ostras en relación con las de cultivo (Nehring, 2011; Duchêne, 2015).

En cuanto a los impactos, aquí cabe diferenciar entre los que sufren los profesionales del mar y los que afectan a la población que hace un uso lúdico del litoral (Pagny y Hily, 2010; Nehring, 2011; Duchêne, 2015). Los profesionales del mar tienen que hacer frente a un incremento de trabajo y de gastos de mantenimiento debido a

los daños que genera la fijación de las ostras sobre infraestructuras portuarias y acuícolas; además, de las pérdidas generadas por la competencia trófica y espacial con ostras de cultivo y otras especies de bivalvos explotados. Desde la óptica del turismo, los arrecifes de ostra constituyen una amenaza para la salud de bañistas y usuarios del intermareal por riesgo de cortes; también son responsables de daños en material náutico y, además, un sector importante de la sociedad, las considera poco estéticas en espacios de elevado valor patrimonial.

5. GESTIÓN

Las posibles medidas de gestión de la problemática asociada a la introducción de *C. gigas* dependen de las circunstancias, es decir, de la situación de partida. En una situación en la que la especie no se ha introducido o no se ha naturalizado, todavía es posible aplicar medidas preventivas para evitar (o en su defecto minimizar) los problemas asociados que se han descrito en apartados anteriores. Si ya existen poblaciones naturalizadas de ostra rizada o, peor aún, éstas están en expansión, la gestión únicamente podrá ser paliativa/adaptativa.

Gestión preventiva

Protocolos de buenas prácticas, como el Código de conducta del Consejo Internacional para la Exploración del Mar relativo a las introducciones



y transferencias de organismos marinos (ICES, 2005), o instrumentos legales, como el Reglamento del Consejo Europeo sobre el uso de las especies exóticas y las especies localmente ausentes en la acuicultura (nº 708/2007 de 11 de junio de 2007), regulan la propagación incontrolada de *C. gigas* en aguas europeas (Nehring, 2011; Duchêne, 2015).

Sin embargo, estos protocolos llegaron tarde, ya que como se ha descrito anteriormente la mayor parte de las introducciones datan de los años 1960 y 1970, y su propagación se asocia al calentamiento global de los océanos (Thomas y col., 2016). Además, al tratarse de una especie explotada comercialmente, que genera tanto ingresos económicos importantes como puestos de trabajo, resulta casi imposible la aplicación de normativa que limite o incluso prohíba su cultivo. Prueba de ello es la eliminación de *C. gigas* del listado de especies exóticas con potencial invasor (Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto), cuando en la primera versión del Decreto estaba incluida (Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre, ahora derogado). Por otra parte, debido a su alto potencial invasor, la gestión preventiva relativa a la introducción de esta especie requiere un marco de aplicación internacional, ya que los límites administrativos de competencias de cada país no son los adecuados para la aplicación de medidas de prevención efectivas (Nehring, 2011).

A pesar de ello, aun siendo muy pocas las zonas donde estas medidas preventivas lleguen a tiempo en lo que a introducción de la especie se refiere,

las limitaciones a la libre importación de lotes de ostra y al movimiento entre zonas dentro de un mismo país contribuyen a minimizar el riesgo de aparición de enfermedades y otras especies exóticas acompañantes.

Otras medidas de gestión preventiva dirigidas a minimizar el riesgo de expansión incontrolado de la especie se centran en limitar la reproducción de los lotes introducidos. En este sentido, el cultivo basado en el engorde de semilla estéril de ostra triploide producida en criadero podría ser una opción en aquellas zonas donde aún no existen poblaciones de *C. gigas* naturalizadas (Guy y Roberts, 2007; Pagny y Hily, 2010; Nehring, 2011).

Gestión paliativa/adaptativa

Debido a la enorme amplitud del fenómeno, no existen medidas eficaces para gestionar un proceso invasivo que alcance una escala global (Reise y col., 2005; Pagny y Hily, 2010; Nehring, 2011; Dolmer y col., 2014). Existe unanimidad entre los diferentes autores en concluir que la erradicación de la especie una vez naturalizada a escala global resulta imposible (Guy y Roberts, 2010; Nehring, 2011).

Los factores ambientales y biológicos que limitan la distribución de esta especie no son manipulables, debido a limitaciones técnicas, económicas y de protección ambiental (Pagny y Hily, 2010). Así, hoy en día las medidas de control de su densidad sólo son viables en una escala de tiempo y espacio limitada. Se ha demostrado que se puede, por ejemplo,



abordar de forma viable (técnica, económica y ambientalmente) su recolección y eliminación en una playa, un puerto, un parque ostrícola o en una reserva marina con el fin de proteger un hábitat importante (Hily, 2009; Duchêne, 2015; McKnight y Chudleigh, 2015), especialmente en los casos en que la densidad no es muy elevada (Guy y Roberts, 2010). En el caso de arrecifes establecidos sobre sustratos blandos es factible el empleo de maquinaria, mientras que en el caso de sustratos duros la extracción ha de ser manual para evitar impactos sobre el ecosistema marino (Pagny y Hily, 2010). La explotación marisquera de las poblaciones naturalizadas, panorama que ha adquirido cierto desarrollo desde el año 2008, a raíz de las mortalidades masivas en las ostras de cultivo asociadas al virus herpes de la ostra OsHV-1 μ Var, es una vía que podría contribuir de una forma efectiva a limitar la densidad de las poblaciones naturales de *C. gigas* ya que la valorización del producto a través de su venta hace viable económicamente la labor de extracción. Resulta paradójico además que, en este caso, las medidas típicas de gestión pesquera dirigidas a la conservación del recurso (como limitación del esfuerzo pesquero, cupos de captura, tallas mínimas de extracción...) podrían aplicarse en el sentido contrario con el fin de hacer más efectivo el control de la población. Así, existen ejemplos en la costa norte de Galicia, que se describen con detalle en el capítulo 2 de este libro, en los que estas prácticas actúan como método de control para evitar la expansión de la especie hacia zonas donde se explotan especies marisqueras de

mayor valor económico.

Otro aspecto clave para el desarrollo de medidas de gestión paliativa/adaptativa es tener información actualizada y precisa de la situación real, de forma que se pueda conocer la distribución de las poblaciones de ostra y su dinámica poblacional. Para ello resulta fundamental establecer programas de seguimiento (*monitoring*) muy estrictos, basados en metodologías adecuadas y estandarizadas entre países/organismos, para poder comparar los datos obtenidos (Hily, 2009; Nehring, 2011; Duchêne, 2015). En este sentido se está trabajando en el desarrollo de tecnologías como la teledetección para disponer de mapas actuales de la distribución de los arrecifes de esta especie (Le Bris y col., 2016).

Por otra parte, la implementación de medidas de gestión adecuadas se debe basar en un conocimiento completo del fenómeno invasivo y para ello hay que continuar con el desarrollo de proyectos de investigación centrados en este tema. El conocimiento de la tolerancia ecofisiológica de *C. gigas*, por ejemplo, está lejos de ser completo, especialmente en lo que se refiere al crecimiento y supervivencia larvaria en el medio natural (Wiltshire, 2007) y tampoco se tiene suficiente conocimiento sobre la adaptación genética de la especie a nuevos ambientes (Lapègue y col., 2007).

Teniendo en cuenta lo expuesto en este apartado, y de acuerdo con autores como Dolmer y col. (2014) sería fundamental también avanzar en la



modelización de la expansión de esta especie en el futuro, bajo diferentes escenarios de cambio climático, con el fin de proceder al análisis de riesgos y diseñar estrategias de control/mitigación.

6. LA SITUACIÓN DE LA OSTRA RIZADA EN GALICIA

Tal y como se describe en el capítulo 2 de este libro, únicamente se ha constatado la presencia de poblaciones naturalizadas de *C. gigas* en ciertas rías de la costa norte de Galicia, a pesar de la introducción masiva de semilla de ostra rizada para su engorde en batea en las Rías Bajas a lo largo de los últimos 20 años. Se desconoce con seguridad cuál ha sido el origen de estas poblaciones, pero teniendo en cuenta la extensión de los bancos y el tamaño de algunos de los individuos, éstas se habrían establecido hace ya varias décadas, fruto, probablemente, de su introducción involuntaria entremezclada con semilla de ostra plana o de otras especies que se explotan comercialmente.

Esta situación parece indicar que únicamente se dan las condiciones propicias para la reproducción, asentamiento y formación de poblaciones estables en el ámbito geográfico de ciertos enclaves de las Rías Altas. Estas zonas constituyen un laboratorio natural excepcional para el estudio de los factores potencialmente influyentes en la naturalización de esta especie. Así se consideró en el año 2007, momento en que se inició un proyecto de

investigación promovido por la, en aquel entonces, Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos, centrado en el estudio de la viabilidad del cultivo de esta especie desde una perspectiva integral que englobaba aspectos biológicos, técnicos, ecológicos y económicos. En el seno de este proyecto se realizaron varias campañas de cartografiado de las poblaciones, un seguimiento del ciclo de desarrollo gonadal de las ostras naturalizadas y se inició el registro continuo de variables ambientales que pudiesen condicionar el éxito reproductivo de la ostra rizada. A continuación se exponen los resultados más relevantes con el fin de discutir cuál es la situación de *C. gigas* en Galicia y los factores (de riesgo) que limitan su distribución.

Distribución

Con el fin de obtener información de la distribución a escala global de las poblaciones naturalizadas de ostra rizada en Galicia, se elaboraron en el año 2005, en una fase previa del proyecto, una serie de formularios que se distribuyeron entre asistencias técnicas de las cofradías de pescadores y en los que se planteaban cuestiones relativas a la presencia de fijaciones de ostra del género *Crassostrea* en el ámbito territorial de sus concesiones administrativas.

A través del análisis de dichos cuestionarios, de reuniones posteriores con técnicos de cofradías y de visitas de reconocimiento realizadas en ciertas zonas, se identificaron 6 áreas de interés para una prospección cartográfica más detallada (*Fig. 3*):



Ría de Ortigueira, Ría de O Barqueiro, Ría de Viveiro, ensenada de San Cibrao, Ría de Foz y Ría de Ribadeo. Previamente al inicio de las campañas de cartografiado se verificó que se trataba de ostra rizada mediante análisis genéticos realizados en la Universidad de Santiago (Quinteiro y col., 2005) y en el laboratorio de genética y patología del IFREMER en La Temblade, Francia (ver detalles en el capítulo 2).

Entre los años 2008 y 2009 se recorrió gran parte del litoral de estas rías a pie y, en ocasiones, cuando resultó necesario por su inaccesibilidad, desde embarcación, en períodos de bajamar con el fin de delimitar y georreferenciar con ayuda de GPS los límites de extensión de las poblaciones de ostra rizada. Asimismo, se estimó la densidad de población a través de la realización de transectos de 30-50 m en los que se elegía al azar un punto cuya posición era determinada mediante GPS y en el que se fotografiaba una superficie de 1 m² definida mediante un marco construido con tubos de PVC (Fig. 4). En un trabajo de gabinete posterior se visionaban las fotografías y se contabilizaba el número de ostras. Esta información se plasmó en mapas de distribución elaborados mediante sistemas de información geográfica. Los resultados de esta evaluación confirmaron que las únicas dos rías con una población realmente establecida de *C. gigas*, en las que la superficie ocupada era considerable, se alcanzaban densidades importantes y se registraban pulsos de reclutamiento anual, eran las Rías de O Barqueiro y Viveiro (Fig. 3). En la Ría de O Barqueiro

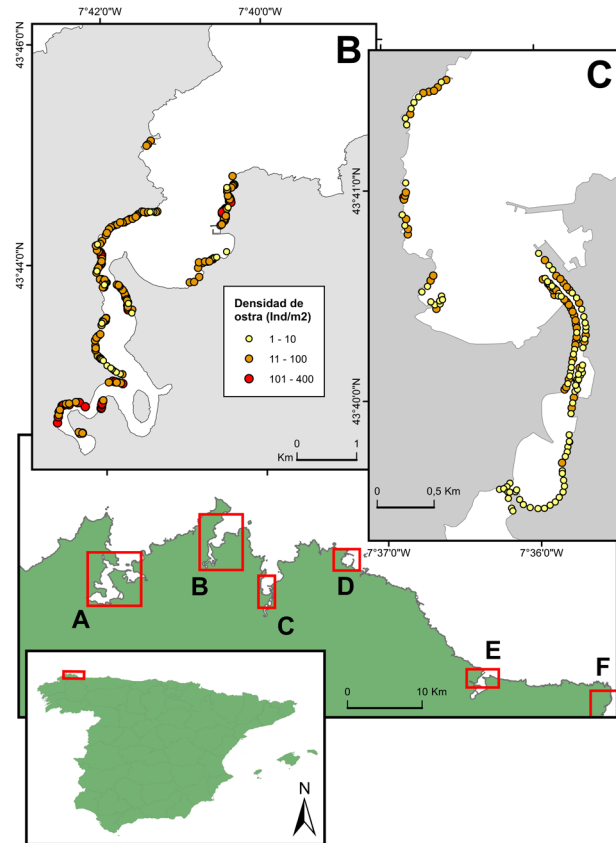


Figura 3. Zonas de las Rías Altas en las que se ha constatado la existencia de fijaciones de ostra rizada y que fueron objeto de una prospección cartográfica detallada entre los años 2008 y 2009 con el fin de delimitar su extensión y estimar la densidad de población.

A. Ría de Ortigueira; B. Ría de O Barqueiro; C. Ría de Viveiro; D. Ensenada de San Cibrao; E. Ría de Foz y F. Ría de Ribadeo. Los rangos de la escala de densidad mostrada en los mapas de distribución de las rías de O Barqueiro (B) y Viveiro (C) se encuadran en las categorías 3, 4 y 5 de la escala de índice de densidad propuesta por Lejart (2009) como estima de la intensidad de colonización: 0, 0 ind/m²; 1, <0,01 ind/m²; 2, 0,01 a 1 ind/m²; 3, 1 a 10 ind/m²; 4, 10 a 100 ind/m²; 5, 100 a 1000 ind/m².



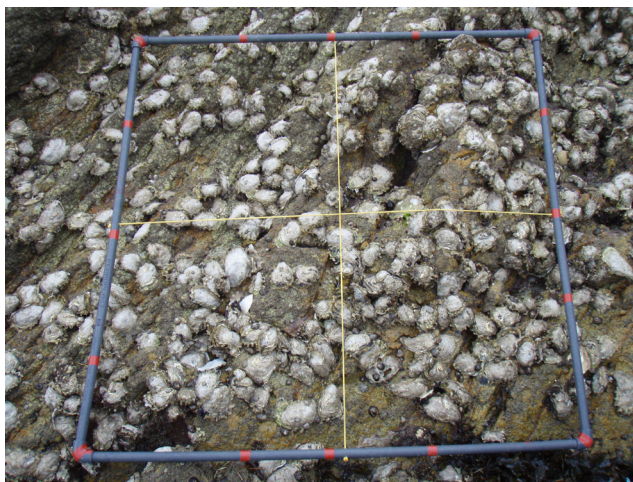


Figura 4. Marco de 1 m² de superficie, empleado en las prospecciones cartográficas para la estima de la densidad, dispuesto sobre un sustrato rocoso del interior de la Ría de O Barqueiro colonizado por abundantes ejemplares de ostra rizada.

(Fig. 3) las ostras ocupaban extensas áreas de la zona interna y media de su litoral, formando en ciertas zonas pequeños arrecifes que tapizaban el sustrato completamente. Las ostras se localizaban tanto en zonas internas de alta influencia fluvial, donde el sustrato era predominantemente blando, como en áreas más externas con salinidades prácticamente oceánicas y donde el sustrato era mayoritariamente rocoso; pero siempre en lugares resguardados con baja exposición al oleaje. Los bancos ocupaban mayoritariamente la zona intermareal, pero se extendían en ocasiones hacia el submareal somero.

La mayor parte de las zonas ocupadas presentaban densidades comprendidas en la categoría 4 del

índice de densidad propuesto por Lejart (2009) como estima de la capacidad invasora de esta especie, es decir, de 10 a 100 ind/m²; si bien hubo recuentos de hasta 378 ostras/m², densidades que ya se encuadrarían en la categoría 5 (100 a 1000 ind/m²), valor máximo de dicha escala (Fig. 3B). Estas zonas de máxima densidad se situaban en áreas de bajo hidrodinamismo del interior de la ría. En la Ría de Viveiro (Fig. 3C) su presencia también llegaba a ser continua en ciertas zonas como en los espigones de su puerto. La densidad osciló entre 1 y 100 ostras/m² (categorías 3 y 4 de índice de densidad), aunque se llegaron a contabilizar hasta 178 ind/m² en algún punto concreto. En el resto de enclaves (Ría de Ortigueira, ensenada de San Cibrao, Ría de Foz y Ría de Ribadeo) la aparición de esta especie se reducía a zonas concretas de la franja intermareal, principalmente donde las rocas eran predominantes, sin superar en ningún caso los 20 ind/m².

La distribución de la ostra rizada en las Rías de O Barqueiro y Viveiro se ajustó totalmente a las preferencias de la especie ya descritas en el apartado 3 y sintetizadas en la Tabla 2. Este tipo de condiciones físicas se encuentran habitualmente en muchas zonas de las Rías Bajas y, por tanto, no puede concluirse que estén actuando como factores limitantes para el establecimiento *C. gigas*. Parece, entonces, que la limitación a la naturalización de la ostra rizada en las Rías Bajas puede venir determinada por aspectos relacionados con su biología reproductiva (fundamentalmente,



capacidad de maduración gonadal completa y liberación de gametos y desarrollo y supervivencia larvaria).

Reproducción en las aguas gallegas

El análisis comparado del ciclo de desarrollo

gonadal entre ostras cultivadas en las Rías Bajas y ostras de las poblaciones naturalizadas en la Ría de O Barqueiro muestra un comportamiento reproductivo similar (Fig. 5), con un período de reposo gonadal que se extiende a lo largo del otoño y principios del invierno, un período de

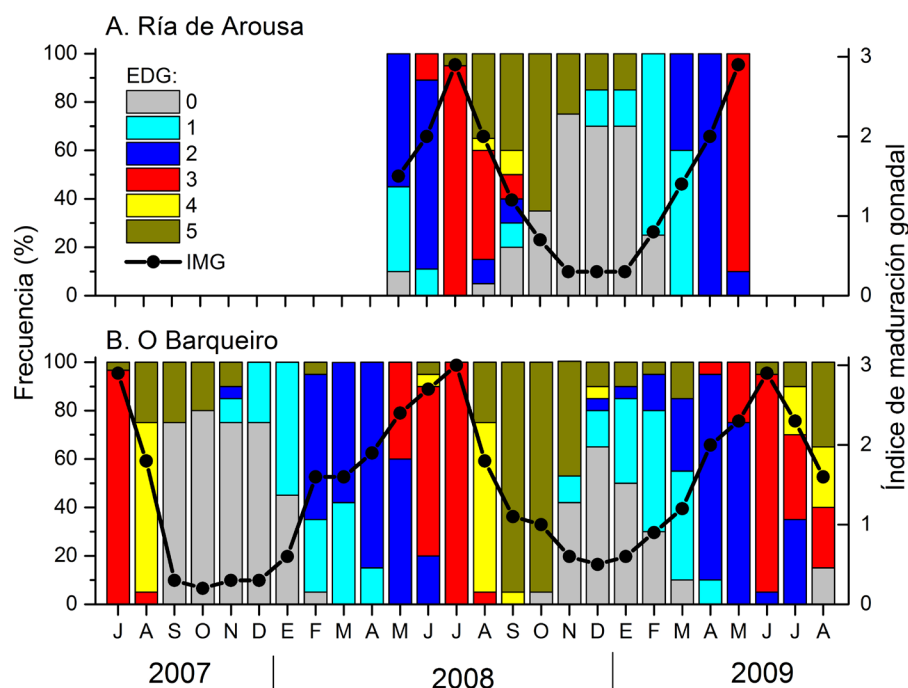


Figura 5. Distribución mensual de las ostras en cada uno de los diferentes estadios de desarrollo gonadal (EDG; figura de barras) y evolución del índice de maduración gonadal (IMG) a lo largo del período de estudio.

A. Lote de ostra francesa introducida en marzo de 2008 para su cultivo en sobreelevado en el intermareal de la playa de Corón (Ría de Arousa). El seguimiento concluyó al alcanzar las ostras tamaño comercial.

B. Ostras naturalizadas en la Ría de O Barqueiro. El punto de muestreo se ubicaba en San Fiz. EDG definidos en base a Kennedy y Battle (1964): 0, reposo; 1, gametogénesis temprana; 2, gónada en desarrollo; 3, gónada madura; 4, gónada en puesta; 5, gónada en reabsorción. IMG calculado según Shafee y Daoudi (1991).



gametogénesis que se inicia a finales del invierno, progresa muy rápido en la primavera y conduce a que la población alcance la madurez en verano. Entre los meses de julio y agosto tendría lugar la liberación masiva de los gametos, de forma que en septiembre la mayor parte de las ostras presentarían gónadas en reabsorción o incluso ya en reposo (Fig. 5). En el caso de O Barqueiro se pudo completar un seguimiento de, casi, tres ciclos reproductivos completos verificándose que tiene un comportamiento muy estable en el tiempo, sin presentar apenas variación interanual.

El hecho de que *C. gigas* cultivada en las Rías Bajas gallegas libera sus gametos al medio estaba ya documentado en la bibliografía (Ruíz y col., 1992), sin embargo, el ciclo de desarrollo gonadal de las poblaciones naturales del norte de Galicia no se había estudiado hasta el momento constituyendo una información inédita, especialmente al haberse planteado de forma comparada con ostras cultivadas en la Ría de Arousa. El que las puestas tengan lugar en ambos enclaves en épocas similares elimina otro factor que podría ser clave en cuanto a la posibilidad de establecimiento de poblaciones naturalizadas en el sur de Galicia y traslada el foco hacia los factores ambientales limitantes del desarrollo y supervivencia de las larvas de *C. gigas*, principalmente temperatura y salinidad. Tal y como se comentó anteriormente, ciertos trabajos que analizaban el riesgo de establecimiento de esta especie tras su introducción se centraban en el parámetro temperatura y situaban el umbral de

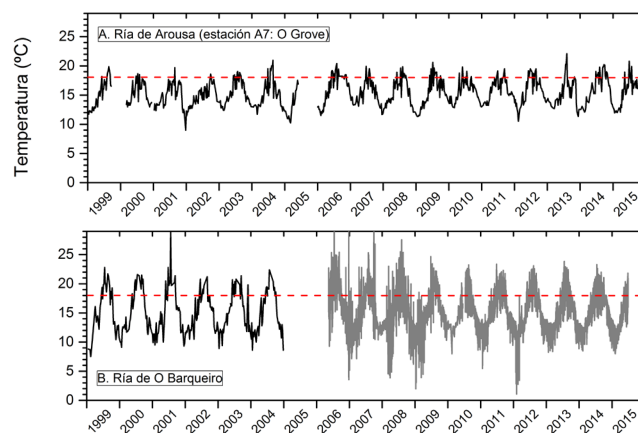


Figura 6. Evolución de la temperatura del agua de mar en la Ría de Arousa (A) y en la Ría de O Barqueiro (B) entre 1999 y 2015.

Los datos de la serie completa de la Ría de Arousa y de la serie de O Barqueiro entre 1999 y 2004, son registros de temperatura superficial tomados con periodicidad semanal y proceden de la estaciones A7 y GC de la red INTECMAR (www.intecmar.org). Los datos de O Barqueiro de 2006 en adelante son registros continuos de temperatura realizados mediante dispositivos data-logger dispuestos en el interior de la Ría de O Barqueiro y programados para la recogida y almacenamiento de datos con periodicidad horaria. La línea punteada roja muestra la isoterma de 18 °C, considerado por algunos autores como el valor umbral mínimo que debe ser mantenido ininterrumpidamente durante un mínimo de 15 días para que el desarrollo larvario de *C. gigas* se complete con éxito.

riesgo en un valor mínimo de 18 °C sostenidos de forma ininterrumpida durante 15 días (Mann y col., 1991; Shatkin y col., 1997). En la Figura 6 se muestra la evolución de la temperatura del agua de mar en la Ría de Arousa y en la Ría de O Barqueiro en los últimos 15 años. Mientras, en la Ría de Arousa el valor crítico de 18 °C se sobrepasa solo esporádicamente y de forma breve (Fig. 6A), en la Ría de O Barqueiro se supera de forma patente, año tras año, este umbral (Fig. 6B). Cabe destacar además que la salinidad en las masas de agua de las Rías



Bajas presenta valores superiores a 34 psu de forma estable la mayor parte del año, y muy especialmente, en los meses estivales debido al fenómeno de afloramiento costero que es más intenso en esa época. Con valores tan elevados de salinidad la temperatura debe ser incluso varios grados superior a 18 °C para garantizar que el desarrollo larvario se complete con éxito (Héral y Deslous-Paoli, 1991), lo que puede contribuir a explicar el fracaso en el establecimiento de poblaciones de ostra rizada en el sur de Galicia pese a existir un importante stock reproductor constituido por las ostras introducidas para su engorde.

7. CONCLUSIONES / RECOMENDACIONES

Pese a que este análisis preliminar sugiere que los factores ambientales anteriormente expuestos son el cuello de botella que impide que *C. gigas* colonice las Rías Bajas, no se pueden descartar otro tipo de aspectos que actúen de forma limitante. Así, la dinámica de corrientes y el hidrodinamismo costero podrían dispersar las larvas y alejarlas de sustratos adecuados para la fijación o bien podría existir una fuerte presión depredatoria sobre ellas debido a la enorme concentración de mejillón cultivado que existe en las rías. Todos estos son factores de riesgo a considerar en un análisis predictivo de cómo puede evolucionar la situación de la ostra rizada en Galicia e igualmente deberían ser objeto de programas de investigación futuros.

Por otra parte, la información relativa a la distribución de sus poblaciones procede de campañas desarrolladas en 2009 y la situación puede haber cambiado desde aquel entonces, por lo que parece necesario su actualización. La implementación de programas de seguimiento de las poblaciones de ostra rizada en el ámbito territorial de las cofradías podría realizarse mediante el empleo de metodologías estandarizadas sencillas como el índice de densidad propuesto por Lejart (2009) como medida de la intensidad de colonización. Este tipo de programas serían muy coherentes con el desarrollo de la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (Directiva 2008/56/CE, de 17 de junio, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino), puesto que proporcionarían información útil para la determinación del estado ambiental de las aguas marinas, especialmente, en lo que respecta al descriptor 2 “*Las especies alóctonas introducidas por la actividad humana se encuentran presentes en niveles que no afectan de forma adversa a los ecosistemas*”.

Agradecimientos

A Guillermo del Río Rocha por haber mantenido una serie histórica de casi 10 años de registro de variables ambientales en la Ría de O Barqueiro al encargarse de la programación y descarga de los dispositivos data-logger registradores. A Aitor Freire Astray, Manuel García Graña y José Antonio Santiago Amoedo, que se encargaron de la cartografía de *C. gigas* en la Ría de Ortigueira. Diego González colaboró en los muestreos de evaluación de las poblaciones de las Rías de O Barqueiro y Viveiro. Lupe González, María Isabel Meléndez y Elena Penas realizaron el procesamiento histológico de las ostras del estudio de reproducción.



Bibliografía

- Andrews, J. D. (1979). Pelecypoda: Ostreidae. En: *Reproduction of Marine Invertebrates. Volume V. Molluscs: Pelecypods and Lesser Classes*, A. C. Giese y J. S. Pearse (eds.). Academic Press, Nueva York. 293-341 pp.
- Andrews, J. D. (1980). A review of introductions of exotic oysters and biological planning for new importations. *Marine Fisheries Review*, 42 (12): 1-11.
- Ayres, P. (1991). Introduced Pacific Oysters in Australia. En: *The Ecology of *Crassostrea gigas* in Australia, New Zealand, France and Washington State*, J. Sutherland y R. Osman (eds.). Maryland Sea Grant College, MD, Annapolis, Maryland, Estados Unidos. 3-7 pp.
- Beck, M. W., Brumbaugh, R. D., Airoidi, L., Carranza, A., Coen, L. D., Crawford, C., Defeo, O., Edgar, G. J., Hancock, B. . . , Kay, M. C., Lenihan, H. S., Luckenbach, M. W., Toropova, C. L., Zhang, G. y Guo, X. (2011). Oyster reefs at risk and recommendations for conservation, restoration, and management. *BioScience*, 61 (2): 107-116.
- Burioli, E. A. V., Prearo, M., Riina, M. V., Bona, M. C., Fioravanti, M. L., Arcangeli, G. y Houssin, M. (2016). Ostreid herpesvirus type 1 genomic diversity in wild populations of Pacific oyster *Crassostrea gigas* from Italian coasts. *Journal of Invertebrate Pathology*, 137: 71-83.
- Callaway, R., Shinn, A. P., Grenfell, S. E., Bron, J. E., Burnell, G., Cook, E. J., Crumlish, M., Culloty, S., Davidson, K., Ellis, R. P., Flynn, K. J., Fox, C., Green, D. M., Hays, G. C., Hughes, A. D., Johnston, E., Lowe, C. D., Lupatsch, I., Malham, S., Mendzil, A. F., Nickell, T., Pickerell, T., Rowley, A. F., Stanley, M. S., Tocher, D. R., Turnbull, J. F., Webb, G., Wootton, E. y Shields, R. J. (2012). Review of climate change impacts on marine aquaculture in the UK and Ireland. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 22 (3): 389-421.
- Carrasco, M. F. y Barón, P. J. (2010). Analysis of the potential geographic range of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) based on surface seawater temperature satellite data and climate charts: the coast of South America as a study case. *Biological Invasions*, 12 (8): 2597-2607.
- Castaños, C., Pascual, M. y Camacho, A. P. (2009). Reproductive biology of the nonnative oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), as a key factor for its successful spread along the rocky shores of Northern Patagonia, Argentina. *Journal of Shellfish Research*, 28 (4): 837-847.
- Chew, K. K. (1990). Global bivalve shellfish introductions. *World Aquaculture*, 21 (3): 9-22.
- Child, A. R., Papageorgiou, P. y Beaumont, A. R. (1995). Pacific oysters *Crassostrea gigas* (Thunberg) of possible French origin in natural spat in the British Isles. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 5: 173-177.
- Diederich, S., Nehls, G., van Beusekom, J. E. E. y Reise, K. (2005). Introduced Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in the northern Wadden Sea: invasion accelerated by warm summers? *Helgoland Marine Research*, 59: 97-106.
- Dinamani, P. (1971). Occurrence of the Japanese Oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), in Northland, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 5 (2): 352-357.
- Dinamani, P. (1991). Introduced Pacific Oysters in New Zealand. En: *The Ecology of *Crassostrea gigas* in Australia, New Zealand, France and Washington State*, J. Sutherland y R. Osman (eds.). Maryland Sea Grant College, MD, Annapolis, Maryland, Estados Unidos. 9-12 pp.
- Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva Marco sobre la Estrategia Marina). *Diario Oficial de la Unión Europea*. Bruselas, 25 de junio de 2008, No. 164, 19-40 pp.
- Dolmer, P., Holm, M. W., Strand, Å., Lindegarth, S., Bodvin, T., Norling, P. y Mortensen, S. (2014). The invasive Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Scandinavian coastal waters: a risk assessment on the impact in different habitats and climate



- conditions. Report Fisken og havet No. 2-2014. Institute of Marine Research, Bergen, Noruega.
- Duchêne, J. (2015). Récifs d'huîtres creuses. En: Les fonds marins de Bretagne, un patrimoine remarquable: connaître pour mieux agir, Ifremer-DREAL Bretagne (ed.). Breaña, Francia. 43-56 pp.
- Elston, R. A. (1993). Infectious Diseases of the Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*. Annual Review of Fish Diseases, 3: 259-276.
- Gittenberger, A., Voorbergen-Laarman, M. A. y Engelsma, M. Y. (2016). Ostreid herpesvirus OsHV-1 μ Var in Pacific oysters *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793) of the Wadden Sea, a UNESCO world heritage site. Journal of Fish Diseases, 39 (1): 105-109.
- Gollasch, S., Carlberg, S. y Kenchington, E. (2005). Preamble of the ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms. ICES Commission.
- Guy, C. y Roberts, D. (2007). Status of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. En: Strangford Lough: 2007. Report to the Environment and Heritage Service of Northern Ireland.
- Guy, C. y Roberts, D. (2010). Can the spread of non-native oysters (*Crassostrea gigas*) at the early stages of population expansion be managed? Marine Pollution Bulletin, 60 (7): 1059-1064.
- Hedge, L. H. y Johnston, E. L. (2014). Colonisation of the non-indigenous Pacific oyster *Crassostrea gigas* determined by predation, size and initial settlement densities. Plos One, 9 (3): e90621.
- Héral, M. y Deslous-Paoli, J. M. (1991). Oyster Culture in European Countries. En: Estuarine and Marine Bivalve Mollusk Culture, W. Menzel (ed.). CRC Press, Boca Ratón, Florida, Estados Unidos. 153-190 pp.
- Herbert, R. J. H., Roberts, C., Humphreys, J. y Fletcher, S. (2012). The Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*) in the UK: economic, legal and environmental issues associated with its cultivation, wild establishment and exploitation. Shellfish Association of Great Britain, Londres, Reino Unido.
- Hily, C. 2009. Prolifération de l'huître creuse du Pacifique *Crassostrea gigas* sur les côtes Manche-Atlantique françaises: bilan, dynamique, conséquences écologiques, économiques et ethnologiques, expériences et scénarios de gestion. Rapport scientifique du projet PROGIG, Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, Francia.
- ICES (2005). ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms. ICES Commission, Copenhague, Dinamarca.
- IPCC (2007). Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Jones, C. G., Lawton, J. H. y Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. Oikos, 69 (3): 373-386.
- Jones, M. C., Dye, S. R., Pinnegar, J. K., Warren, R. y Cheung, W. W. L. (2013). Applying distribution model projections for an uncertain future: the case of the Pacific oyster in UK waters. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 23: 710-722.
- Kennedy, V. S. y Battle, H.I. (1964). Cyclic changes in the gonad of the American oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). Canadian Journal of Zoology, 42: 305-321.
- Kochmann, J., O'Beirn, F., Yearsley, J. y Crowe, T. P. (2013). Environmental factors associated with invasion: modelling occurrence data from a coordinated sampling programme for Pacific oysters. Biological Invasions, 15 (10): 2265-2279.
- Lapègue, S., Boudry, P. y Gouletquer, P. (2007). Genetic effects of domestication, culture and breeding of fish and shellfish, and their impacts on wild populations. Pacific cupped oyster – *Crassostrea gigas*. En: Genetic Impact of Aquaculture Activities on Native Populations. Genimpact final scientific report (EU contract n. RICA-CT-2005-022802). T. Svåsand, D. Crosetti, E. García-Vázquez y E. Verspoor (eds.). Institute of Marine Research, Bergen, Noruega. 76-82 pp.
- Le Bris, A., Rosa, P., Lerouxel, A., Cognie, B., Gernez, P., Launeau, P., Robin, M. y Barille, L. (2016). Hyperspectral remote sensing of wild oyster reefs. Estuarine Coastal and Shelf Science, 172: 1-12.



- Lejart, M. (2009). Etude du processus invasif de *Crassostrea gigas* en Bretagne: Etat des lieux, dynamique et conséquences écologiques. Tesis Doctoral. Université de Bretagne Occidentale, Brest, Francia.
- Lynch, S. A., Abollo, E., Ramilo, A., Cao, A., Culloty, S. C. y Villalba, A. (2010). Observations raise the question if the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, can act as either a carrier or a reservoir for *Bonamia ostreae* or *Bonamia exitiosa*. Parasitology, 137 (10): 1515-1526.
- Mann, R., Burreson, E. M. y Baker, P. K. (1991). The decline of the Virginia oyster fishery in Chesapeake Bay: considerations for introduction of a non-endemic species, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). Journal of Shellfish Research, 10 (2): 379-388.
- Marshall, B. y Gofas, S. (2015). *Crassostrea gigas*. En: MolluscaBase (2016). World Register of Marine Species (WoRMS). <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=140656>.
- McKnight, W. y Chudleigh, I. J. (2015). Pacific oyster *Crassostrea gigas* control within the inter-tidal zone of the North East Kent Marine Protected Areas, UK. Conservation Evidence, 12: 28-32.
- Medcof, J. C. y Wolf, P. M. (1975). Spread of pacific Oyster worries NSW culturists. Australian Fisheries, 34 (7): 32-38.
- Melo, C. M. R., Silva, F. C., Gomes, C. H. A. M., Solé-Cava, A. M. y Lazoski, C. (2009). *Crassostrea gigas* in natural oyster banks in southern Brazil. Biological Invasions, 12(3): 441-449.
- Méndez, M. M., Schwindt, E., Bortolus, A., Roche, A., Maggioni, M. y Narvarte, M. (2015). Ecological impacts of the austral-most population of *Crassostrea gigas* in South America: a matter of time? Ecological Research, 30 (6): 979-987.
- Minchin, D. y Gollasch, S. 2008. CRASSOSTREA GIGAS: Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE). <http://www.europe-aliens.org/speciesSearch.do>
- Miossec, L., Le Deuff, R. M. y Gouletquer, P. 2009. Alien species alert: *Crassostrea gigas* (Pacific oyster). ICES Cooperative Research Report ICES No. 299, Copenhagen, Dinamarca.
- Mitchell, I., Jones, A. y Crawford, C. 2000. Distribution of feral Pacific oysters and environmental conditions. National Heritage Trust Final Report. Tasmanian Aquaculture & Fisheries Institute. University of Tasmania, Australia.
- Mortensen, S., Strand, A., Bodvin, T., Alfjorden, A., Skar, C. K., Jelmert, A., Aspan, A., Saelemyr, L., Naustvoll, L. J. y Albretsen, J. (2016). Summer mortalities and detection of ostreid herpesvirus microvariant in Pacific oyster *Crassostrea gigas* in Sweden and Norway. Diseases of Aquatic Organisms, 117 (3): 171-176.
- Nehls, G. y Büttger, H. 2007. Spread of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas* in the Wadden Sea. Causes and consequences of a successful invasion. HARBASINS Report. The Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Alemania.
- Nehring, S. 2011. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet: *Crassostrea gigas*. <https://www.nobanis.org/fact-sheets/>
- NIMPIS (2016). Pacific oyster *Crassostrea gigas*. National Introduced Marine Pest Information System. www.marinepests.gov.au/nimpis
- Occhipinti Ambrogio, A. (2001). Transfer of marine organisms: a challenge to the conservation of coastal biocoenoses. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 11(4): 243-251.
- Padilla, D. K. (2010). Context-dependent impacts of a non-native ecosystem engineer, the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. Integrative and Comparative Biology, 50 (2): 213-225.
- Pagad, S., Genovesi, P., Carnevali, L., Scalera, R. y Clout, M. (2015). IUCN SSC Invasive Species Specialist Group: invasive alien species information management supporting practitioners, policy makers and decision takers. Management of Biological Invasions, 6 (2): 127-135.
- Pagny, J. y Hily, C. (2010). L'huître creuse du Pacifique (*Crassostrea gigas*). En: Les Espèces Marines Invasives en Bretagne. GIP Bretagne environnement, Rennes, Francia. 24-26 pp.
- Pauley, G. B., Van Der Raay, B. y Troutt, D. (1988). Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal



- fishes and invertebrates (Pacific Northwest). Pacific oyster. Biological Report 82 (11.85). U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, Estados Unidos.
- Quayle, D. B. (1969). Pacific oyster culture in British Columbia. Fisheries Research Board of Canada Bulletin, 169: 192 p.
- Quinteiro, J., Rodríguez-Castro, J., Iglesias, D., Serra, M. B., del Río, G., Rodríguez-González, L. y Rey-Méndez, M. (2005). Evidencia de la presencia de fijaciones naturales de *Crassostrea gigas* en las Rías de Ribadeo y O Barqueiro basada en el análisis de secuencias mitocondriales del gen 16S rDNA. En: VIII Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas, M. R. Méndez, M. Izquierdo, A. Guerra y J. Fernández (eds.). Asociación Cultural do Foro dos Recursos Mariños e a Acuicultura das Rías Galegas. 313-320 pp.
- Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre, por el que se regula el listado y catálogo español de especies exóticas invasoras. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 12 de diciembre de 2011, No. 298, 132711-132735 pp.
- Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 3 de agosto de 2013, No. 185, 56764-56786 pp.
- Reise, K. (1998). Pacific oysters invade mussel beds in the European Wadden Sea. *Senckenbergiana maritima*, 28 (4/6): 167-175.
- Reise, K., Olenin, S. y Thielges, D.W. (2006). Are aliens threatening European aquatic coastal ecosystems? *Helgoland Marine Research*, 60: 77-83.
- Roncarati, A., Felici, A., Dees, A., Leila, F. y Paolo, M. (2010). Trials on Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) rearing in the middle Adriatic Sea by means of different trays. *Aquaculture International*, 18 (1): 35-43.
- Ruesink, J. L., Lenihan, H. S., Trimble, A. C., Heiman, K. W., Micheli, F., Byers, J. E. y Kay, M. C. (2005). Introduction of Non-native oysters: ecosystem effects and restoration implications. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 36: 643-689.
- Ruiz, C., Abad, M., Sedano, F., García-Martín, L.O. y Sánchez López, J. L. (1992) Influence of seasonal environmental changes on the gamete production and biochemical composition of *Crassostrea gigas* (Thunberg) in suspended culture in El Grove, Galicia, Spain. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 155: 249-262.
- Segarra, A., Pepin, J. F., Arzul, I., Morga, B., Faury, N. y Renault, T. (2010). Detection and description of a particular Ostreid herpesvirus 1 genotype associated with massive mortality outbreaks of Pacific oysters, *Crassostrea gigas*, in France in 2008. *Virus Research*, 153 (1): 92-99.
- Shafee, M.S., Daoudi, M. (1991). Gametogenesis and spawning in the carpet-shell clam, *Ruditapes decussatus* (L.) (Mollusca: Bivalvia), from the Atlantic coast of Morocco. *Aquaculture and Fisheries Management*, 22: 203-216.
- Shatkin, G., Shumway, S. E. y Hawes, R. (1997). Considerations regarding the possible introduction of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) to the Gulf of Maine: a review of global experience. *Journal of Shellfish Research*, 16 (2): 463-477.
- Syvret, M., Fitzgerald, A. y Hoare, P. (2008). Development of a Pacific oyster aquaculture protocol for the UK-Technical report. FIFG PROJECT No. 07/Eng/46/04. Seafood Industry Authority, Edinburgo, Reino Unido.
- Thomas, Y., Pouvreau, S., Alunno-Bruscia, M., Barille, L., Gohin, F., Bryere, P. y Gernez, P. (2016). Global change and climate-driven invasion of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) along European coasts: a bioenergetics modelling approach. *Journal of Biogeography*, 43 (3): 568-579.
- Vermeij, G. J. (1996). An agenda for invasion biology. *Biological Conservation*, 78 (1-2): 3-9.
- Watermann, B. T., Herlyn, M., Daehne, B., Bergmann, S., Meemken, M. y Kolodzey, H. (2008). Pathology and mass mortality of Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg), in 2005 at the East Frisian coast, Germany. *Journal of Fish Diseases*, 31 (8): 621-630.



El cultivo de la ostra rizada en Galicia: pasado, presente y futuro

- Weerman, E. J., Eriksson, B. K., Olf, H. y van der Heide, T. (2014). Predation by native brown shrimp on invasive Pacific oyster spat. *Journal of Sea Research*, 85: 126-130.
- Wiltshire, K. H. 2007. Ecophysiological tolerances of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, with regard to the potential spread of populations in South Australian waters. SARDI Aquatic Sciences Publication Number F2007/000499-1, PIRSA Marine Biosecurity, Adelaide, Australia.
- Wolff, W. J. y Reise, K. (2002). Oyster imports as a vector for the introduction of alien species into Northern and Western European coastal waters. En: *Invasive Aquatic Species of Europe. Distribution, Impacts and Management*, E. Leppäkoski, S. Gollasch y S. Olenin (eds.). Springer Netherlands, Dordrecht, Países Bajos. 193-205 pp.
- Wrange, A. L., Valero, J., Harketstad, L. S., Strand, O., Lindegarth, S., Christensen, H. T., Dolmer, P., Kristensen, P. S. y Mortensen, S. (2010). Massive settlements of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Scandinavia. *Biological Invasions*, 12 (6): 1453-1458.





José Luis Gómez Gesteira es licenciado y doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Santiago de Compostela, y doctor en Físicas por la Universidad de Vigo. Especialista en recursos marinos y contaminación marina, ha participado en múltiples congresos, seminarios y conferencias de índole nacional e internacional, publicando diversos artículos científicos y realizando estancias en centros de investigación en el extranjero. Trabajó durante más de cinco años en el Environmental Physics Laboratory de la Universidad de Vigo y otros dos años como asistencia técnica biológica en cofradías de pescadores. Desde 2009 es personal de plantilla del Centro Tecnológico del Mar, adscrito al área de Control y Gestión del Medio y de los Recursos Marinos.

Luis Manuel Rodríguez González es licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Santiago de Compostela. Funcionario de la Consellería del Mar de la Xunta de Galicia, desde 1994, cuenta con más de 24 años de experiencia trabajando en pesca, marisqueo y acuicultura. Fue Subdirector del Instituto Tecnológico para el Control del Medio Marino de Galicia (INTECMAR) (2006 -2009) y actualmente es jefe de sección de coordinación técnica en la Consellería del Mar en Vigo. Paralelamente, realiza su tesis doctoral sobre la especie *Crassostrea gigas*.

Jaime Montes Pérez es Doctor en Biología por la Universidad de Santiago de Compostela. Desde el año 1982 desarrolla su labor investigadora en el campo de la patología de moluscos en el Centro de Investigaciones Marinas (Xunta de Galicia). Ha participado en la elaboración de numerosos artículos científicos en revistas nacionales e internacionales, y formando parte y coordinando proyectos de investigación e I+D a nivel autonómico y europeo

David Iglesias Estepa es licenciado en Ciencias del Mar por la Universidad de Vigo y Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Santiago de Compostela. Tras realizar su tesis doctoral en el Centro de Investigaciones Mariñas (CIMA) de la Consellería del Mar sigue vinculado al mismo trabajando en proyectos sobre la viabilidad del cultivo de la ostra rizada en Galicia. Entre los años 2006 y 2008 trabaja en el INTECMAR desarrollando los planes de vigilancia de enfermedades de moluscos en Galicia. En el año 2008 regresa al CIMA, incorporándose al Área de Recursos Marinos donde trabaja en la caracterización de las poblaciones de diferentes especies explotadas comercialmente.



CAPÍTULO 2

Cultivo y explotación de la ostra rizada *Crassostrea gigas* en Galicia.

José Luis Gómez Gesteira, Luis Manuel Rodríguez González, Jaime Montes Pérez y David Iglesias Estepa

José Luis Gómez Gesteira

Centro Tecnológico del Mar - Fundación CETMAR. Eduardo Cabello, s/n. 36208 Vigo, España.

lgomez@cetmar.org

Luis Manuel Rodríguez González

Consellería del Mar. Departamento Territorial de Vigo. C/ Concepción Arenal, 8. 36201 Vigo, España.

Jaime Montes Pérez

Centro de Investigacións Mariñas (CIMA). Consellería del Mar. Pedras de Corón, s/n. Apdo. 13.

36620 Vilanova de Arousa, España.

David Iglesias Estepa

Centro de Investigacións Mariñas (CIMA). Consellería del Mar. Pedras de Corón, s/n. Apdo. 13.

36620 Vilanova de Arousa, España.



RESUMEN

La ostricultura en Galicia se ha basado tradicionalmente en el cultivo de la ostra plana (*Ostrea edulis*), especie autóctona europea. La sobreexplotación de los bancos naturales, la disminución en la captación de semilla y la dificultad para importarla de otros países, así como las altas mortalidades originadas por las infecciones parasitarias hicieron que en los años noventa se plantease desde el gobierno gallego la introducción de la ostra rizada *Crassostrea gigas* como alternativa parcial al cultivo. Esta especie, originaria del Pacífico, es más resistente a patógenos y tiene una mayor tasa de crecimiento. Desde ese momento y hasta la actualidad se ha llevado a cabo el cultivo suspendido de esta especie en diferentes polígonos de bateas de las Rías Bajas, principalmente en la Ría de Arousa. Esta práctica consiste básicamente en la introducción de semilla y de ejemplares adultos importados en su mayoría desde Francia, que tras su engorde en aguas gallegas son comercializados principalmente en el extranjero. La total dependencia comercial de mercados foráneos inestables y, en los últimos años, la elevada mortalidad causada por un virus tipo herpes, ha provocado el cese de la actividad de un número importante de ostricultores. Paralelamente se ha registrado la presencia de poblaciones naturalizadas de *C. gigas* que han formado bancos naturales en diferentes enclaves de la costa norte de Galicia. Las elevadas densidades registradas en las rías de O Barqueiro y Viveiro han posibilitado que se recolecte y comercialice este recurso por parte del sector marisquero, que con anterioridad al año 2009 lo consideraba como competidor de otras especies de bivalvos explotadas comercialmente, principalmente almejas.

Palabras clave: *Crassostrea gigas*, ostra rizada, ostricultura, poblaciones naturalizadas, revisión histórica, Galicia.



1. HISTORIA DEL CULTIVO DE LA OSTRA RIZADA EN GALICIA

Consumo, explotación y declive de la ostra plana.

La ostra plana *Ostrea edulis* es una especie autóctona del litoral europeo, cuya distribución en el Atlántico alcanza su límite septentrional en las costas de Noruega y el meridional en el Cabo Agadir (Marruecos). También se extiende por la cuenca del Mediterráneo y en diferentes enclaves de la costa norte del Mar Negro.

Existen registros de su presencia en diferentes asentamientos castreños prerromanos del litoral gallego (Fernández Rodríguez y col., 1998; González y Bejega, 2009) y durante mucho tiempo fue uno de los principales moluscos recolectados, encontrándose entre las especies marisqueras más apreciadas de la Edad Media en gran parte de Europa. A pesar de que la aplicación de medidas proteccionistas para regular su extracción datan de antiguo, hay documentos de finales del siglo XVIII que describen la desaparición de bancos ostrícolas en las Rías de Ferrol y Vigo (Fundación Alfonso Martín Escudero, 2002). Un siglo después se realizó un estudio mucho más ambicioso que abordaba la situación de las “ostreras” naturales y artificiales en muchas de las rías de la costa gallega y cantábrica (Graells, 1870), poniéndose de manifiesto la decadencia y el agotamiento de la mayoría de los bancos supervisados, así como la necesidad de repoblarlos. Este trabajo sirvió para lo que se considera la primera transferencia

tecnológica en el campo de la acuicultura en Galicia (Labarta, 1985), con la creación de la “Escuela Práctica de Ostricultura” en 1847 en Ortigueira, que únicamente estuvo operativa durante 10 años. En las últimas décadas del siglo XIX, y ya a comienzos del siglo XX, se llevaron a cabo diferentes iniciativas de recuperación de los bancos ostrícolas centradas en su protección (Navaz, 1962), su repoblación con semilla de ostra de Francia o de bancos de las propias rías en Ortigueira, Coruña, Pontedeume, Betanzos, Arousa y en la Ensenada de San Simón (Andreu y Arte, 1956) y en la disposición de diferentes tipos de colectores que favoreciesen la fijación de larvas de esta especie (Sánchez, 1936; Andreu y Arte, 1955, Andreu y Figueras, 1966). En los años cincuenta, a pesar de los esfuerzos anteriormente mencionados, la producción natural de ostra se redujo drásticamente y a mediados de la siguiente década los bancos naturales habían desaparecido casi por completo, por lo que la ostricultura no se llegó a implantar verdaderamente con fuerza en Galicia. Nuevas experiencias de cultivos llevadas a cabo en los años setenta, tanto en las Rías Altas (Ribadeo) como en las Rías Bajas (Baiona), no obtuvieron resultados muy positivos, poniendo de nuevo de manifiesto que la densidad de los individuos adultos era muy baja e imposibilitaba conseguir una fijación suficiente que permitiese llevar a cabo un cultivo exitoso (Pazó y col., 1981).

A partir de este periodo la situación de los stocks de reproductores hizo que el cultivo se vaya



sustituyendo por la importación de ostras de 18 meses de edad, procedentes principalmente de Bretaña, que posteriormente se engordaban entre los meses de marzo y noviembre. En las Rías Altas, al igual que en los parques ostrícolas franceses, se realiza el cultivo sobre elevado en zonas intermareales de poca profundidad, dentro de sacos ostrícolas (pochones) que se sitúan sobre mesas metálicas que los mantienen separados del fondo. Pero el método de cultivo que se implantó de forma mayoritaria a comienzos de los años setenta, principalmente en las Rías Bajas, fue el cultivo suspendido en batea; concediéndose al comienzo de esa década más de 800 autorizaciones de puntos de fondeos para el cultivo de ostra plana, que concentraban alrededor de 10 millones de ejemplares (Figueras, 1970). Partiendo de ostras jóvenes se engordaban hasta los 5 cm en cestos ostrícolas, que posteriormente se fijaban con cemento a las cuerdas hasta alcanzar su tamaño comercial (8 – 10 cm) (Pérez Camacho y Román, 1985).

La total dependencia de la semilla de ostra plana importada de otros países provocó que el desarrollo de este cultivo se viese afectado severamente por las elevadas mortalidades causadas por dos enfermedades parasitarias (marteiliosis y bonamiosis), las cuales alcanzaron niveles epidémicos en Francia. La marteiliosis es una enfermedad originada por infecciones del parásito protista *Marteilia refringens* que se detectó por primera vez en la Bretaña francesa

en 1967 (Grizely col., 1974), desencadenando posteriormente mortandades masivas en los años 1974 y 1975. Coincidentemente en ese mismo período los cultivos de ostra plana sufrieron un episodio similar en ciertos enclaves de la Ría de Arousa, que inicialmente se atribuyeron a este patógeno. Sin embargo, otros autores (Massó, 1978) encontraron una falta de relación entre las citadas mortalidades y la prevalencia de *M. refringens*, por lo que este hecho podría haberse debido a otra serie de factores desconocidos (Figueras, 1991).

Algunos años más tarde, a principios del año 1979, una nueva enfermedad, la bonamiosis, causada por infecciones sistémicas del parásito protista *Bonamia ostreae*, hizo su aparición en las costas francesas (Pichot y col., 1979) y posteriormente se extendió a diferentes países en las zonas de suministro de semilla infectada, entre ellas Galicia (Polanco y col., 1984, Montes y col., 1990). La bonamiosis causa mortalidades masivas en la ostra plana en el segundo año de cultivo, afectando a los individuos en sus últimas fases de crecimiento (Montes y col., 1992), lo que hizo que se llegase a cuestionar la viabilidad y la rentabilidad del cultivo de esta especie en Galicia (Montes y col., 1991; Guerra, 1995). Actualmente el cultivo de ostra plana en Galicia se reduce al engorde en batea de ejemplares de talla próxima a la comercial y durante un período de tiempo corto (menos de un año), con el fin de minimizar las pérdidas debidas a la mortandad causada por la bonamiosis (Montes y col., 2003).



En lo referente a las poblaciones naturales, la bonamiosis afectó a la mayor parte de los bancos gallegos causando su práctica desaparición, aunque a finales de los años ochenta ciertas zonas de la costa gallega, principalmente la de Lugo, presentaban todavía poblaciones de *O. edulis* no infectadas por *B. ostreae* (Montes, 1987). La Administración Autonómica Gallega proyectó líneas para su recuperación, basadas en la protección estricta de las zonas no afectadas por *B. ostreae* impidiendo la inmersión de ostras que no tuviesen total garantía zoonosanitaria, en el desarrollo de programas de investigación sobre líneas parentales de ostra resistentes a la enfermedad y en la regeneración de antiguos bancos naturales (López Veiga y col., 1992). En la actualidad este patógeno está presente en los siete bancos naturales de ostra plana que existen en Galicia (Rías de Pontevedra, Arousa, Noia, Ares, Ferrol, Ortigueira y Eo), e incluso otra especie del mismo género (*B. exitosa*) se ha detectado en algunos de ellos (Ramilo y col., 2014). Es por ello que la estrategia que presenta resultados más prometedores es la identificación de poblaciones adecuadas sobre las que desarrollar programas de selección de líneas resistentes.

Esta técnica se ha abordado en Francia e Irlanda alcanzando resultados positivos, al obtenerse stocks que presentaban bajas prevalencias de *B. ostreae* y una elevada supervivencia. Similares experiencias se han desarrollado en las costas gallegas, con el objetivo de obtener poblaciones con elevada resistencia a esta enfermedad, y los resultados

alcanzados muestran que a través de una selección adecuada se podrían conseguir importantes mejoras en el cultivo de esta especie en nuestra comunidad (da Silva y col., 2005).

Introducción de la ostra rizada en Galicia.

En Francia, un país con gran tradición de consumo de ostra, la elevada presión pesquera sobre las poblaciones de ostra plana autóctonas produjo ya signos de agotamiento a mediados del siglo XIX, lo que hizo que se comenzara a importar ejemplares de *Crassostrea angulata* (ostra portuguesa) (Cochard y Dardignac, 1977). La mortandad masiva de la ostra plana a partir de 1920 provocó que se paralizase prácticamente su cultivo y se desarrollase una ostricultura intensiva de *C. angulata* (Héral, 1991), que a comienzos de los años sesenta llegaba casi a triplicar en producción a la especie autóctona. La historia se repitió y al igual que sucedió con la ostra europea, diferentes enfermedades (necrosis viral de las branquias (GNV) e infecciones hemocíticas (HIV)) acabaron por afectar de forma severa a la ostra portuguesa entre los años 1967 y 1973, (Comps, 1970; Marteil, 1979; Mann y col., 1991), provocando una drástica reducción en su producción. Los ostricultores franceses adoptaron en 1966, como una solución paliativa, la introducción de *Crassostrea gigas* procedente de Japón (Le Borgne y col., 1973, Grizel y Héral, 1991). Esta especie se había introducido dos años antes en las costas holandesas, siendo formalmente éste el primer registro en Europa (Drinkwaard, 1999).



La ostra rizada o japonesa *C. gigas* es una especie originaria del noreste de Asia que presenta una gran similitud morfológica con *C. angulata*, lo que hizo que inicialmente se clasificaron como una única especie (Menzel, 1974). Sin embargo, posteriores pruebas genéticas encontraron diferencias significativas que motivaron que actualmente se consideren como dos taxones diferentes (Boudry y col., 1998; Huvety col., 2002), entre los cuales ya se había demostrado la existencia de hibridación (Gaffney y Allen, 1993). Aun teniendo en cuenta esta elevada proximidad filogenética, desde un primer momento *C. gigas* se mostró como una especie con mayores tasas de crecimiento, potencial reproductor y resistencia a los patógenos que *C. angulata* y *O. edulis* (Bougrier y col., 1986; Soletchnik y col., 2002).

En Galicia, siguiendo en cierto modo el ejemplo francés, ya se apuntaba a comienzos de los años noventa desde la administración autonómica que el cultivo de especies alternativas a la ostra plana, en concreto *C. gigas*, podría complementar en cierta medida la actividad productiva del sector ostrícola, no siendo además incompatible con la ostra plana (López Veiga y col., 1992). Varios años antes ya se habían detectado introducciones ilegales de esta especie, que generalmente eran ejemplares que venían entremezclados con *O. edulis* importada de países como Francia, Italia, Grecia o Yugoslavia para su engorde. Con el fin de diferenciarla de la ostra plana autóctona la Organización de Productores Ostrícolas de Galicia

(OPOGA) registró esta especie con el nombre de “ostra rizada”.

Finalmente, en abril de 1991, OPOGA presentó un plan experimental para su explotación en artefactos flotantes a la Dirección General de Marisqueo y Acuicultura de Consellería de Pesca. En junio de ese mismo año se autorizó de forma experimental su cultivo en 16 bateas pertenecientes a esta organización de productores, situadas en los polígonos de cultivo “O GROVE-A” y “CAMBADOS-D”, que eran zonas en la que ya existían autorizaciones previas para el cultivo de ostra plana. En función de los resultados ecológicos y comerciales se planteaba la posibilidad de su expansión a otras áreas de la costa, ya que aunque los estudios existentes en España eran escasos, se había comprobado que era una especie de rápido crecimiento y baja mortalidad, que carecía de problemas patológicos graves (Mazuecos Blanca y López Cotelo, 1989; Guerra y col., 1987; Doménech, 1990). A pesar de estos resultados positivos, hubo autores que hicieron eco de la polémica que suscitaría su cultivo debido a la falta de conocimientos previos sobre el desarrollo de esta especie en nuestra costa (Molares y col., 1986), y la propia Administración era consciente de la posibilidad de que, una vez en cultivo masivo, se reprodujese espontáneamente colonizando sustratos en perjuicio de otras especies de mayor interés económico (López Veiga y col., 1992), al igual que ya había ocurrido en otras áreas del mundo como Norteamérica (Quayle, 1988; Span,



1978), Australia y Nueva Zelanda (Ayres, 1991; Dinamani, 1991) o Europa (Bruins, 1983; Grizel y Héral, 1991).

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO DE *CRASSOSTREA GIGAS* EN GALICIA

En sus inicios el cultivo de *C. gigas* en las costas gallegas, debido a su carácter experimental, estaba sujeto a una serie de limitaciones establecidas por la Administración, en cuanto al tamaño y procedencia de la semilla que se podía sumergir en las bateas, que dificultaban y encarecían su producción. Igualmente los ostricultores debían presentar informes técnicos periódicos del cultivo en cada una de las bateas, y en función de los resultados alcanzados se podría renovar esa autorización inicial de dos años. Los sistemas de producción fueron similares a los utilizados con la ostra plana, adoptando el cultivo en cestos ostrícolas (Pardellas y Polanco, 1987) en el cual se pueden introducir ejemplares ya desde la fase de semilla, que posteriormente se van desdoblado a medida que van creciendo con el fin de reducir la densidad de cultivo en los cestos y mantener unas tasas de crecimiento adecuadas.

También se pueden cultivar fijadas a las cuerdas con cemento, para lo cual se emplean individuos de mayor tamaño (Andreu, 1967). Desde el comienzo de la actividad hasta la actualidad los productores

han continuado su actividad en el marco de estas autorizaciones experimentales, empleando un sistema de cultivo que se basa en la importación de semilla, que normalmente se introduce en las bateas en el mes de febrero y se suele comercializar en otoño del año siguiente. Por esta razón, algunos ostricultores también procedieron a introducir partidas de ostra de mayor tamaño (18 meses de edad) que ya se podían comercializar en el mismo año aprovechando la campaña de navidad, cuando alcanzan un mayor precio. Igualmente el periodo de concesión ha variado respecto a los que se establecieron a comienzos de los años noventa, y en la actualidad algunas concesiones cuentan con prórrogas de sus permisos experimentales de explotación de hasta diez años.

A pesar de las ligeras modificaciones en la explotación que se han ido introduciendo con el tiempo, los ostricultores han seguido demandando de la Administración, a través de OPOGA, la autorización definitiva de la actividad. En respuesta a dichas demandas la Dirección General de Recursos Marinos puso en marcha entre 2004 y 2007 el proyecto “Impulso del cultivo de ostra rizada en diferentes rías gallegas”, destinado a valorar desde un punto de vista integral –técnico, biológico, ecológico y económico– la viabilidad del cultivo de la ostra rizada *C. gigas* en Galicia, que serviría como instrumento para el asesoramiento en la toma de decisiones al respecto de esta especie en la Comunidad gallega (Iglesias y col., 2005). En el momento de inicio del proyecto, en el año 2004,



existían un total de 59 bateas autorizadas para el cultivo de esta especie, cuatro situadas en la Ría de Vigo y el resto en la Ría de Arousa. Algunas de estas bateas contaban con autorizaciones para cultivar, además de *C. gigas*, otros bivalvos (mejillón, ostra plana, etc.), por lo que, debido al bajo precio que alcanzaba esta especie y a la total dependencia de las exigencias de los mercados extranjeros, principalmente el francés, habían optado por dejar de lado la explotación de la ostra rizada en detrimento de especies de mayor rendimiento económico.

Teniendo en cuenta los datos positivos obtenidos en el proyecto anteriormente mencionado, tanto en lo que se refiere al crecimiento como a la calidad de los lotes de ostras estudiados, la Consellería de Pesca y Asuntos Marítimos abordó una nueva iniciativa (2007-2009) que se denominó “*Estudio de viabilidad del cultivo de Crassostrea gigas en las Rías Gallegas*”. Los objetivos principales de este estudio eran:

1. Evaluar el éxito reproductivo de esta especie en Galicia, a través de la cuantificación de su reclutamiento (sobre sustratos artificiales y naturales), determinando la influencia que sobre él tienen diferentes parámetros ambientales;
2. Realizar un estudio comparativo del ciclo de gonadal y de los agentes infecciosos de las ostras procedentes del banco naturalizado de O Barqueiro frente a ostras cultivadas en las Rías Bajas; y
3. Estudiar la viabilidad de un cultivo integral (que incluyese captación de semilla y engorde)

sobreelevado de esta especie en aguas de la Ría de O Barqueiro.

Actualmente, según los datos de la Consellería del Mar, en Galicia un total de 186 bateas cuentan con autorización para el cultivo de *C. gigas* en las rías, la mayoría de ellas están emplazadas en diferentes polígonos de los distritos de Cambados y O Grove, en la Ría de Arousa, en muy inferior cantidad en la Ría de Vigo (polígonos situados en Redondela) y un número muy pequeño de bateas situado un polígono de cultivo ubicado en la zona interna de la Ría de Muros. Atendiendo a los datos de producción que incluye el período 2004-2015 (Fig. 1), se constató que el número de bateas que mantienen una producción de ostra rizada es muy inferior al autorizado, oscilando entre un mínimo de 8 y un máximo de 16.

La mayor producción se correspondió con el año 2007, en el que se produjeron un total de 1.014.605 kg cuya venta representó un ingreso de 1.801.011 €, mientras que en el año 2004 se registraron los valores más bajos con 122.940 kg y 153.675 € respectivamente. Tal como se observa en la *Figura 1*, en el período representado, no hay una relación directa clara entre la cantidad de ostra producida anualmente y el número de ostricultores que se dedican a la actividad cada año. Tampoco parece existir una correspondencia entre las cantidades producidas y los problemas que se han detectado en los últimos años derivados de la aparición del virus herpes de los ostreidos



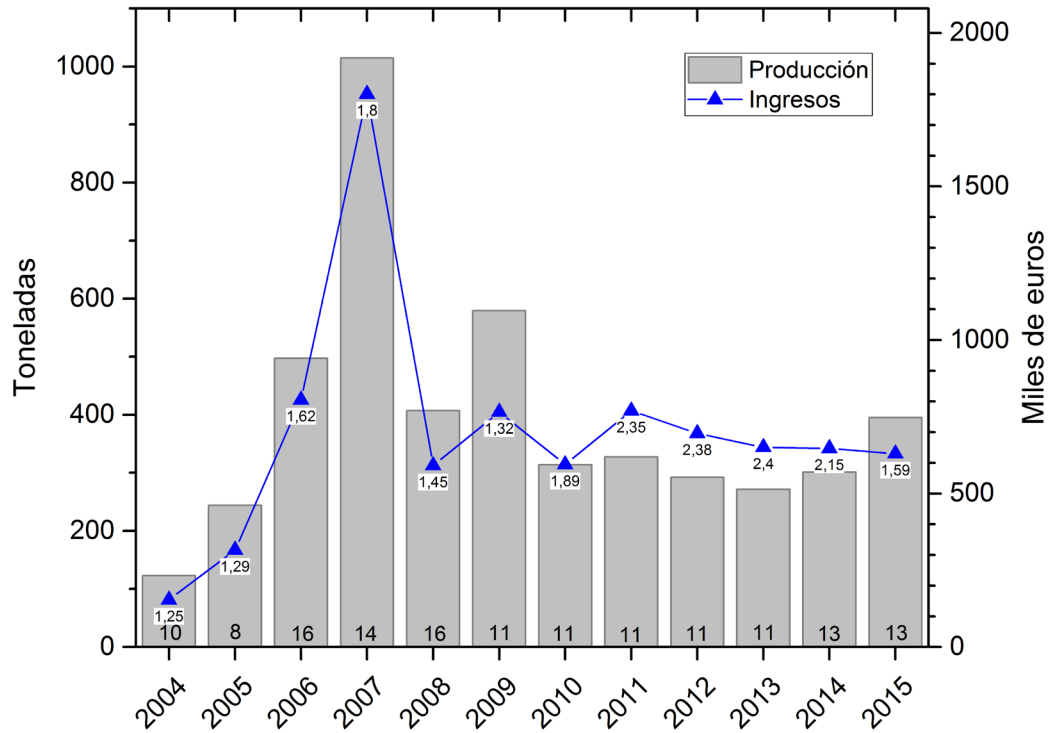


Figura 1. Evolución de la producción de ostra rizada en Galicia en toneladas y los ingresos económicos derivados de su venta (miles de €). En el eje de abscisas se representa el número de bateas que anualmente registran producción de esta especie.

tipo 1 (OsHV-1), que afecta a *C. gigas* en su fase larvaria y juvenil. Desde el año 2008 esta patología ha afectado a los sectores ostrícolas de Francia, Irlanda y Reino Unido, registrándose mortalidades que en algunos casos sobrepasaron el 90% del reclutamiento. Igualmente, en Galicia se ha constatado que su presencia provoca la

muerte de gran parte de la semilla de ostra rizada que se cultiva en diferentes polígonos de bateas de la Ría de Arousa. Debe de tenerse en cuenta, sin embargo, que coincidentemente desde el año 2008 se ha cambiado la metodología de recogida de datos de producción por parte de la Administración. Por ello se hace todavía más complicado poder



establecer algún tipo de conclusión respecto al efecto de esta patología en nuestras costas en términos de producción.

En lo que se refiere al precio medio de venta de esta especie procedente de la acuicultura en las aguas gallegas, los datos estadísticos relativos a la última década muestran unos mínimos de 1,25 €/kg en 2005, y únicamente en los últimos años se han alcanzado valores superiores a los 2 euros, con un máximo de 2,40 €/kg de media en el año 2014, probablemente fruto del desabastecimiento del mercado francés, principal cliente de la producción gallega. De acuerdo con los resultados obtenidos a través de un análisis de viabilidad económica y rentabilidad empresarial de la ostra rizada cultivada en batea en Galicia (García García y col., 2008), el tamaño empresarial mínimo sería de 2 bateas de 540 m² y el umbral de rentabilidad se situaría en una producción de 60.575 kg. Esta unidad permitiría realizar dos lotes de manera que se pudiera comercializar durante el mayor tiempo posible ostras de talla no muy elevada (categoría 3: 70 g/unidad), que son las de mayor demanda y precio en el mercado francés.

A partir del año 2010 algunos ostricultores que cultivan esta especie en batea en las Rías Bajas han optado por introducir lotes procedentes de las poblaciones naturalizadas en la Ría de O Barqueiro. A pesar de que por el momento las ostras de esta procedencia representan un porcentaje relativamente reducido respecto al total

cultivado, este hecho podría suponer una fuente de suministro, sobre todo teniendo en cuenta que hasta la actualidad estos bancos están libres de la presencia del herpes virus OsHV1- μ Var que afecta a gran parte de las zonas productivas europeas.

3. POBLACIONES NATURALIZADAS DE OSTRA RIZADA EN GALICIA: EXPLOTACIÓN Y POTENCIAL CULTIVO

Aunque la autorización del cultivo de la ostra rizada en Galicia se restringe exclusivamente, como se mencionaba en apartados anteriores, a tres de las Rías Bajas, en algunos enclaves de la costa norte de Galicia existen poblaciones naturalizadas de esta especie alóctona. Se desconoce con seguridad cuál ha sido el origen de estas poblaciones, pero teniendo en cuenta la extensión de los bancos y el tamaño de algunos de los individuos, éstas se habrían establecido hace ya varias décadas. En rías como las de Ortigueira o del Eo se realizaron en el pasado diferentes experiencias que pretendían demostrar la viabilidad del cultivo (Guerra y col., 1987, 1995) de la ostra rizada en estas áreas. Igualmente, desde el año 1985, se cultiva esta especie en el margen asturiano de la Ría del Eo, declarándose por resolución como zona de producción en julio de 1993. Datos registrados con anterioridad al año 2008 muestran producciones que alcanzaron máximos de hasta 450 Tm/año (Rodríguez, 2012). A pesar de las altas densidades del cultivo localizado en esta ría, no parece



factible que esta sea la causa su asentamiento en otras zonas de las Rías altas, donde posiblemente su naturalización sea fruto de su introducción involuntaria entremezclada con semilla de ostra plana (Quinteiro y col., 2005) o de otras especies que se explotan comercialmente.

Con el fin de obtener una primera valoración de las poblaciones naturalizadas de *C. gigas* en las costas gallegas, durante el año 2005 en el marco del proyecto “Impulso del cultivo de ostra rizada en diferentes Rías gallegas”, promovido por la Xunta de Galicia, se elaboró un formulario que tenía como objeto recopilar información sobre la captación natural de moluscos bivalvos en el ámbito de las concesiones administrativas de las cofradías de pescadores. Las cofradías de Ribadeo, O Vicedo y O Barqueiro confirmaron la presencia de fijaciones de ostras del género *Crassostrea*, a partir de lo cual que se realizaron campañas de inspección de estas zonas. En Ribadeo, a pesar de la elevada concentración de individuos reproductores, que supone el cultivo realizado en sobreelevado por tres empresas que explotan 31,8 hectáreas repartidas en cuatro concesiones administrativas en el margen asturiano de la ría, únicamente se detectan fijaciones muy localizadas y en una baja densidad en su zona intermareal. Sin embargo, en la Ría de O Barqueiro se localizó una importante población salvaje que ocupa grandes franjas de su zona intermareal, e incluso zonas submareales en la zona interior de la ría. Estas poblaciones se extienden río arriba, en áreas

con elevada influencia de agua dulce, llegando a constituirse como la especie dominante de sus bancos marisqueros, especialmente en lo que se refiere a la biomasa. A partir de esta información, entre los años 2007-2009 se abordó el “Estudio de viabilidad del cultivo de *Crassostrea gigas* en las rías gallegas”, igualmente promovido con la Xunta de Galicia, que tenía entre sus objetivos principales la identificación de todas las poblaciones naturalizadas de esta especie en las diferentes rías del litoral gallego. Tras la supervisión de otras zonas de la costa norte de Galicia y diferentes reuniones con representantes del sector marisquero, se identificaron un total de seis zonas en las que, en mayor o menor densidad, la especie se había establecido y la presencia de individuos adultos era patente: Ría de Ortigueira, Ría de O Barqueiro, Ría de Viveiro, San Cibrao, Ría de Foz y Ría del Eo.

Cuando se abordó el cartografiado de las poblaciones de ostras naturalizadas en el ámbito de este segundo estudio, se planteó como un requisito indispensable caracterizar genéticamente la especie de la que se trataba. Tal como ya se expuso anteriormente, no existen características morfológicas que indiquen diferencias físicas entre *C. gigas* y *C. angulata*; tanto las larvas como los adultos de ambas especies tienen una morfología semejante (Ranson, 1967; Menzel, 1974; Biocca y Matta, 1982) y únicamente la utilización de análisis de su genotipo pueden diferenciar con seguridad de que especie se trata.



En las costas gallegas, a excepción de las zonas de cultivo de *C. gigas* en las Rías Bajas, no se habían descrito poblaciones naturalizadas de ninguna de las dos especies con anterioridad, y algunas citas de *C. angulata* se habían puesto en duda por estudios posteriores (Andreu y Arte, 1955). La distribución geográfica de este género a lo largo de las costas europeas mostraba que la presencia de *C. angulata* se concentraba principalmente en el sur del continente y en Marruecos, mientras que las poblaciones del norte de Europa eran clasificadas como *C. gigas*, y destacaba su ausencia en las costas del norte de Portugal y gran parte de Galicia (Fabioux y col., 2002). Por este motivo en el verano del año 2009 se procedió a recoger muestras en cuatro de los bancos estudiados (O Barqueiro, Viveiro, Ortigueira y Ribadeo) que fueron enviadas al laboratorio de genética y patología de La Temblade (Francia), perteneciente al Ifremer, que cuenta con una gran experiencia en la caracterización genética de las poblaciones ostrícolas europeas. En el laboratorio se estudiaron diferentes marcadores del ADN mitocondrial, de acuerdo con el protocolo establecido para diferenciar ambas especies (Boudry y col., 1998), y los resultados determinaron que en los cuatro bancos se trataba de poblaciones de *C. gigas*, lo cual venía a confirmar, tal como había pasado en otras áreas geográficas, la gran capacidad de colonización y adaptación que tiene esta especie.

En la Ría de O Barqueiro las ostras ocupan extensas áreas en la zona interna y media de

su litoral, formando en ciertas zonas pequeños arrecifes que tapizan el sustrato completamente y en los que se alcanzan densidades máximas que superan en ocasiones los 350 individuos/m² (Fig.2). En la Ría de Viveiro, aunque de forma mucho más discreta, su presencia también llega a ser continua en ciertas zonas como en los espigones de su puerto donde se registran valores de densidad de más de 150 ind./m² en algún punto. En el resto de enclaves (Ría de Ortigueira, San Cibrao, Ría de Foz y Ría del Eo) la aparición de esta especie se reduce a zonas concretas de la franja intermareal, principalmente donde las rocas son predominantes, sin superar en ningún caso los 20 ind./m².

Durante mucho tiempo la presencia de la ostra rizada en la Ría de O Barqueiro se percibía como un problema que amenazaba el futuro del marisqueo. Debido a su proliferación, se producía una competencia por el alimento y el espacio entre la ostra y los bivalvos infaunales (principalmente almejas) que se explotaban comercialmente en el ámbito de las dos cofradías con concesiones administrativas en esta ría (O Barqueiro y O Vicedo), y las zonas productivas estaban en recesión. En el año 2008 la cofradía de O Barqueiro, con el apoyo y financiación de la Consellería de Pesca, llevó a cabo durante varios meses un programa para contener la proliferación de la ostra rizada y con el fin último de intentar devolver ciertos bancos marisqueeros a sus condiciones de origen. Las mariscadoras



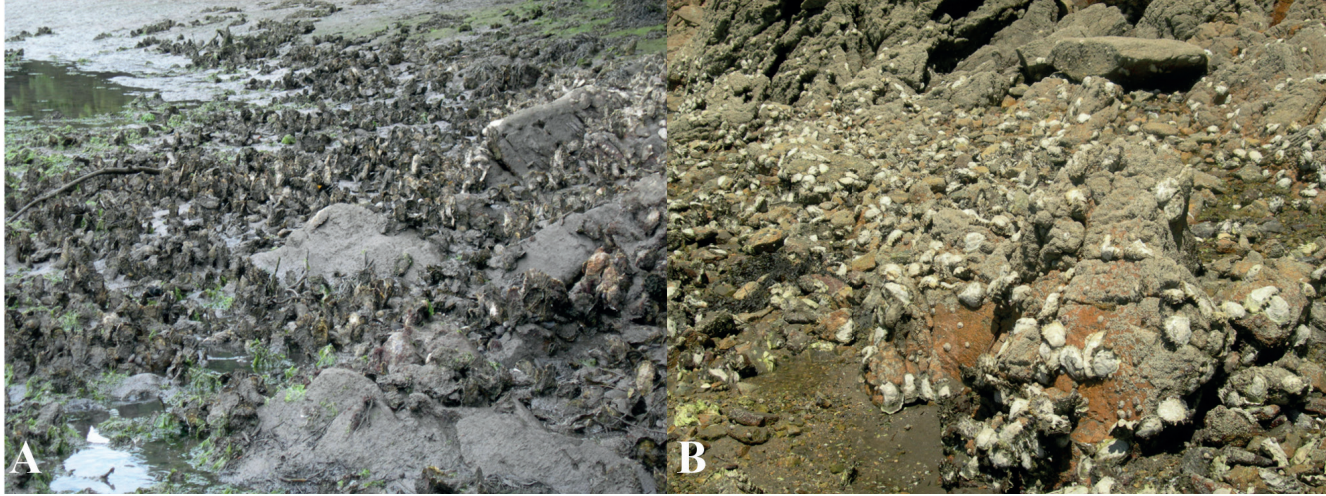


Figura 2. Bancos naturalizados de ostra rizada en la Ría de O Barqueiro sobre sustrato blando (A) y rocoso (B).

retiraban a mano los ejemplares de esta especie, que posteriormente una empresa de gestión de residuos orgánicos se encargaba de transformar en abonos. Paradójicamente, después del año 2009, tras la finalización del estudio que tenía como objetivo confirmar la viabilidad del cultivo de esta especie en las rías gallegas, se produjo un cambio importante en relación a la percepción que en el ámbito de las cofradías se tenía respecto a esta especie. Así, posiblemente, debido a la reducción en suministro de ostra procedente de Francia a partir del año 2008, como consecuencia de las elevadas mortalidades que asolaban aquel país, diferentes empresas se interesaron por la ostra rizada que crecía de forma natural, y libre de esta patología, en la Ría de O Barqueiro.

Desde el año 2010 hasta la actualidad, tanto la cofradía de O Barqueiro como de O Vicedo, han presentado anualmente sus correspondientes planes de explotación de esta especie y han comenzado a extraerla, constituyéndose en una importante fuente de ingresos para ambas cofradías (Fig. 3). Como se aprecia en la figura, la ostra fue intensamente explotada en el período 2010-2012, alcanzando un máximo de extracción de más de 97 toneladas en 2011 y constituyéndose en la especie más importante de ambas cofradías en lo que a ingresos se refiere. Tras ese período, la cantidad extraída disminuye apreciablemente, estabilizándose en torno a las 20 toneladas los dos últimos años. Actualmente en O Barqueiro, la ostra rizada vuelve a ser una especie acompañante que proporciona unos ingresos

complementarios a los derivados de la explotación de almejas y berberecho. La situación difiere un poco en O Vicedo, donde sigue siendo la especie que genera mayores ingresos en la lonja de la cofradía, si bien estos son menores que los de O Barqueiro (<http://www.pescadegalicia.gal/estadisticas.html>).

Con posterioridad, en el año 2014, la Cofradía de Celeiro (Ría de Viveiro) comenzó igualmente a explotar este recurso, aunque el reducido número de mariscadoras con las que cuenta, la presencia de muchas zonas dentro de su autorización clasificadas como tipo C (*zona de marisqueo con una alta concentración de coliformes fecales que hace que los moluscos extraídos únicamente se puedan comercializar para el consumo humano tras su reinstalación durante un periodo prolongado de tiempo, mínimo de dos meses*), una concentración y menor densidad de este recurso en sus costas, hace que su producción sea muy inferior al de las dos cofradías anteriormente citadas, habiéndose extraído aproximadamente 300 kg en cada uno de los dos años en los que se han producido ventas.

La estrategia de comercialización ha variado ligeramente entre los años 2010 y 2015. En un primer momento los comercializadores se interesaban principalmente por tallas inferiores a la comercial, que posteriormente procedían a engordar en sus propias concesiones. En los últimos años la demanda se centra principalmente en individuos de talla superior, que oscila entre 60 y 170 mm, y que en muchas ocasiones ya se

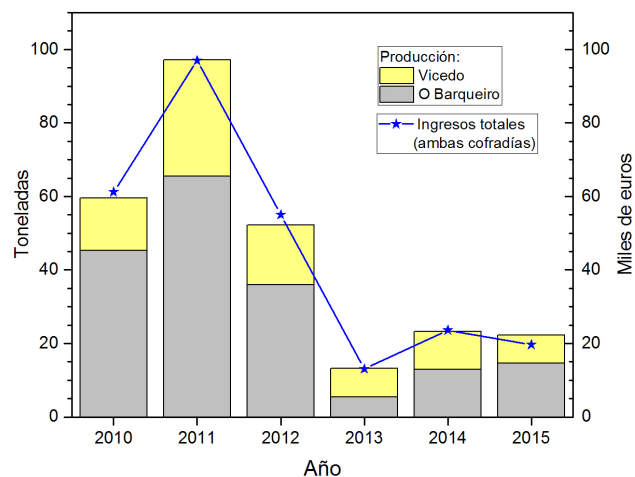


Figura 3. Datos de producción de ostra rizada (en toneladas) extraída de los bancos naturales situados en las cofradías de O Barqueiro y O Vicedo desde el año 2010 y los ingresos totales acumulados de ambas cofradías en primera venta (miles de €).

comercializa directamente.

En ningún caso se realizan prácticas de acuicultura en el ámbito de las tres cofradías que explotan este recurso, tanto en lo que respecta a su captación como a su engorde. Debido al elevado potencial reproductivo de la población y a que siempre se mantiene un remanente suficiente de reproductores que permite el nuevo reclutamiento (formada por la parte de la población que no es apta para venta y a la que queda sin explotar en los bancos), no se toman medidas de gestión pesquera relacionadas con la conservación del recurso. Únicamente se limita su extracción



previamente al desove, ya que la apariencia lechosa de la vianda hace que no tenga aceptación en el mercado. A excepción de en este periodo, se suele explotar prácticamente de forma continua, aunque siempre en función de la demanda por parte de los compradores.

En la cofradía de O Barqueiro la extracción se realiza directamente utilizando un cuchillo ostrícola, eligiendo aquellos ejemplares que presentan un crecimiento limpio y que únicamente están soldadas a las rocas en una pequeña porción de su valva inferior, o bien las que han crecido sobre un sustrato de grava o unidas a piedras de pequeño tamaño. Sin embargo la cofradía de O Vicedo únicamente explota el sustrato rocoso de la autorización marisquera, empleando para ello martillos y cinceles, que permiten despegar los ejemplares fuertemente adheridos a las rocas. En ambos casos se realiza una selección de los individuos en función de su forma, evitando las que no se ajustan a los estándares comerciales ostrícolas.

Desde que comenzó su explotación comercial han sido diferentes las compañías que se han interesado por la ostra rizada que crece de forma natural en las Rías de O Barqueiro y Celeiro. Por lo general se trataba de empresas españolas, principalmente de Galicia y Asturias, que con anterioridad ya explotaban esta especie y se surtían de ostra que compraban en otros países o bien producían en sus propios criaderos. El mercado de esta especie ha

sido tanto el estatal como el francés donde, como ya se comentó con anterioridad, es una especie que tiene una alta tradición y aceptación entre los consumidores. Incluso en varias ocasiones, entre los años 2010 y 2011, algunos productores del país vecino mostraron interés por la producción que se localiza en la Ría de O Barqueiro e importaron directamente ostra de esta procedencia.

Dependiendo de las preferencias de los compradores los individuos se pueden distribuir en diferentes categorías, a las cuales se les asigna un precio diferente, o bien en una única en la que se mezclan diferentes tamaños entre los rangos anteriormente mencionados, y a los que se les asigna un único precio. Y también, en función del tamaño de los ejemplares, su destino es la inmersión para su engorde o la estabulación directa en depuradora, para su posterior venta. En la actualidad la comercialización de las ostras procedentes de las poblaciones naturalizadas la realiza una única compañía española, que normalmente adquiere ostra para su inmersión y posterior engorde, y una vez alcanza la talla comercial tiene como destino exclusivamente el mercado nacional.

Teniendo en cuenta que el potencial reproductor de esta especie asegura su reclutamiento anual en las dos rías en la que se llevan a cabo los planes de explotación, el colectivo marisquero de estas cofradías no considera necesario, ni económicamente rentable, emprender



actividades de semicultivo, que supondrían un mayor dedicación y esfuerzo y no se verían recompensadas por unas mejores condiciones de mercado. Igualmente, a pesar de que durante los primeros años se extrajo y comercializó semilla de ostra rizada, se cesó esta actividad debido a que el precio era idéntico al de individuos de tamaño comercial y el reducido peso de estos individuos hacían que las labores de recolección, para alcanzar las cantidades requeridas por las empresas solicitantes, no fuese una actividad rentable para los mariscadores. En la actualidad la actividad se centra exclusivamente en recolectar ejemplares de mayor tamaño, que están disponibles para su explotación a lo largo de todo el año.

Se trata en todo caso de una especie que no alcanza elevados precios el mercado y que en primera venta ronda normalmente entre 0,8-1,3 €/kg, pero cuya abundancia natural permite que se puedan extraer en unos volúmenes suficientes como para suponer, de forma periódica, una fuente de ingresos muy importante para ambas cofradías. Su recolección permite igualmente controlar su expansión a otras áreas donde, como ya se mencionó con anterioridad, se recolectan otras especies de moluscos bivalvos de mayor rentabilidad económica como son las almejas. Teniendo en cuenta los factores que se acaban de apuntar, en la actualidad no sería económicamente rentable realizar otro tipo de explotación de este recurso en el ámbito de las cofradías implicadas, que el que ya se ha descrito, aunque desde el sector sí que se

consideraría interesante intentar explorar nuevas vías de comercialización que les pudiese permitir abarcar un mercado mayor y más diverso.

4. VIABILIDAD TÉCNICA DEL CULTIVO INTEGRAL EN LA RÍA DE O BARQUEIRO

Como se citó anteriormente, la implantación de labores de cultivo o semicultivo que pudiesen implicar una mayor rentabilidad y producción de este recurso, no son aspectos que parezca factible que se vayan a abordar en un corto plazo por las cofradías que actualmente incluyen *C. gigas* en sus planes de explotación. Sin embargo, en el año 2007, momento en el que se inició el segundo proyecto de investigación “*Estudio de viabilidad del cultivo de C. gigas en las rías gallegas*”, promovido por la Consellería del Mar, la ostra rizada era considerada un problema por los mariscadores y se evidenciaba la imposibilidad de erradicarla de las zonas de explotación. Entre los objetivos del proyecto se planteaba si resultaría factible técnicamente la implementación de una actividad de cultivo integral de esta especie en el ámbito de las cofradías de la Ría de O Barqueiro. Con el fin de responder a esta cuestión se abordó una campaña de captación de semilla mediante colectores comerciales en 2007 y se procedió a su posterior engorde en pochones dispuestos en sobreelevado en la Playa de Moledos. De forma paralela, a modo de control, se abordaron experiencias de engorde de semilla francesa (captada en el mismo período



en la Bahía de Arcachon) en el intermareal de la misma Playa de Moledos (Ría de O Barqueiro) y de la Playa de Corón (Ría de Arousa). El hecho de emplear semilla importada de Francia pretendía reproducir la actividad habitual del sector ostrícola gallego y aportar una referencia comparable con los resultados de una primera fase del proyecto, desarrollada entre 2004 y 2006 en el ámbito de las Rías Bajas. Se tomó la precaución de no trasladar lotes de ostra autóctona de O Barqueiro hacia la Ría de Arousa, en base a un enfoque de minimización del riesgo, ante la sospecha de que las poblaciones naturalizadas pudiesen estar adaptadas a las condiciones gallegas y poseer mayores probabilidades de éxito reproductivo.

Captación de semilla para las experiencias de cultivo.

Con el fin de evaluar si era posible captar semilla en cantidades suficientes, así como obtener la semilla necesaria para las experiencias de engorde, en julio de 2007 se dispusieron un total de 2.640 colectores del tipo “sombrecitos chinos” en diferentes enclaves del interior de la Ría de O Barqueiro, previamente identificados como zonas de máxima captación por las asistencias técnicas de las cofradías de O Barqueiro y O Vicedo. Los colectores fueron montados formando torres de 44 sombreritos cada una y se colocaron en la zona intermareal sobre mesas ostrícolas metálicas (*Fig. 4*). En junio de 2008 se repitió la operación, disponiendo un total de 1.408 colectores en los mismos lugares. Esta segunda campaña de

disposición de colectores no pretendía obtener semilla para su engorde sino estimar si existía una variabilidad interanual importante en la captación.

En febrero de 2008 y 2009, respectivamente, cuando la semilla presentaba un tamaño adecuado, se retiraron los colectores del agua y se procedió a su despegue. En febrero de 2008 se obtuvieron un total de 2.149 semillas de ostra, lo que supone una captación media de 0,8 ostras por colector (sombrecito), es decir, 24 ostras/m² (*Fig. 5*). El peso medio unitario de estas ostras fue de $4,97 \pm 0,39$ g (media \pm error estándar). En febrero de 2009, la captación fue muy superior, obteniéndose un total de 16.751 ostras; esto es, una media de 11,9 ostras por colector (351,3 ostras/m²). El peso medio cada semilla fue de $0,99 \pm 0,13$ g. Como se comentó anteriormente, se adquirió como control para las experiencias de crecimiento semilla captada de forma natural en 2007 en la bahía de Arcachon. Esta semilla se recibió a finales de marzo de 2008 y su peso medio unitario era de $0,84 \pm 0,04$

Las diferencias en peso entre la semilla captada en 2007 y 2008 fueron altamente significativas, siendo excepcional también el tamaño de la semilla captada en 2007 en relación a la importada desde Francia. Muy probablemente, este tamaño excepcional, que condicionó en gran medida los resultados de las experiencias de cultivo que se describirán a continuación, fue debido a que la reducida densidad de captación registrada





Figura 4. Colectores de captación de semilla de ostra (sombreritos chinos) situadas sobre mesas de cultivo sobreelevado en la Playa de Moledos (Ría de O Barqueiro).

ese año permitió un crecimiento extraordinario de la misma. La densidad de captación fue muy baja ambos años en comparación con los datos de captación comercial habituales en la bahía de Arcachon, donde es habitual superar las 1.500 ostras/m² en el momento del despegue (Auby y Maurer, 2004), si bien los resultados de las experiencias no pueden ser comparados con los valores obtenidos a escala comercial por lo limitado del esfuerzo de captación realizado en lo

que a superficie de colectores dispuestos se refiere.

Desarrollo de las experiencias de cultivo.

En el caso de las ostras, como ocurre con la mayoría de especies cultivadas, el crecimiento y la mortalidad son factores fundamentales, pues de su interrelación resulta el rendimiento productivo de la explotación (Dégremont y col., 2005). Igualmente, al tratarse de una especie comercial, con una importante competencia a nivel de





Figura 5. Semillas de ostra rizada fijadas en los colectores dispuestos en la zona intermareal de la Ría de O Barqueiro en el verano de 2008.

mercado, la calidad del producto se ha convertido en un aspecto cada vez más importante (Heath y Wilson, 1999; Brake y col., 2003). La calidad de las ostras depende fundamentalmente de la forma de la concha y del contenido en carne, existiendo índices comerciales con umbrales claramente establecidos para su evaluación (BIM, 1996). Todos estos aspectos fueron cuantificados en los experimentos llevados a cabo en la Ría de O Barqueiro con la intención de valorar la viabilidad técnica de su cultivo y determinar si se adaptaban a los estándares establecidos por el mercado ostrícola internacional.

Las experiencias de engorde tuvieron lugar en pochones de 14 mm de luz de malla situados en mesas sobreelevadas que para tal efecto se

dispusieron en la playa de Moledos (Ría de O Barqueiro) (Fig. 6) y, en el caso del control con semilla francesa, también en la playa de Corón (Ría de Arousa). La densidad de cultivo fue de 200 ostras/pochón, de tal forma que no resultó necesario realizar desdobles de reducción de densidad en todo el período de estudio. Mensualmente los pochones se supervisaban y recibían los cuidados necesarios para impedir que las ostras se adhiriesen unas a otras y, en caso de deterioro, se sustituían por otros nuevos para garantizar su crecimiento en condiciones óptimas.

Tal y como se aprecia en la *Figura 7*, el lote que alcanzó antes el tamaño suficiente para su comercialización fue el correspondiente a la semilla captada en O Barqueiro, pues en apenas 8 - 9 meses la mayor parte de las ostras superaban los 75 g de peso húmedo, establecido como el umbral de la categoría 3 del mercado francés. El lote de semilla francesa cultivada en Corón resultó comercializable tras poco más de 9 meses de engorde. La semilla francesa cultivada en el intermareal de Moledos necesitó en torno a 14 meses de cultivo para presentar un tamaño medio dentro de la categoría comercial 3. Los crecimientos registrados en los lotes Captación Barqueiro y Francesa Corón son realmente extraordinarios y exceden con creces los valores documentados en experiencias previas en Galicia y otras regiones (Spencer y Gough, 1978; Spencer y col., 1978; Guerra y col., 1987, 1995; Mazuecos Blanca y López Coteló, 1989; Doménech, 1990,



Figura 6. Experiencias de engorde de ostra captada en la Ría de O Barqueiro y ostra procedente de Francia (Bahía de Arcachon) mediante cultivo en pochones.

1993; Iglesias y col., 2005). En el caso del engorde en batea de semilla de origen francés, lo habitual es obtener ostras comerciales tras aproximadamente 14 meses de cultivo (Iglesias y col., 2005), tal y cómo se observó en este caso en el lote Francesa

Moledos. En el caso de la semilla captada de forma autóctona en la Ría de O Barqueiro se obtuvieron ostras comerciales ya en el mes de noviembre, momento idóneo para su comercialización en Francia en plena campaña navideña. Cabe destacar



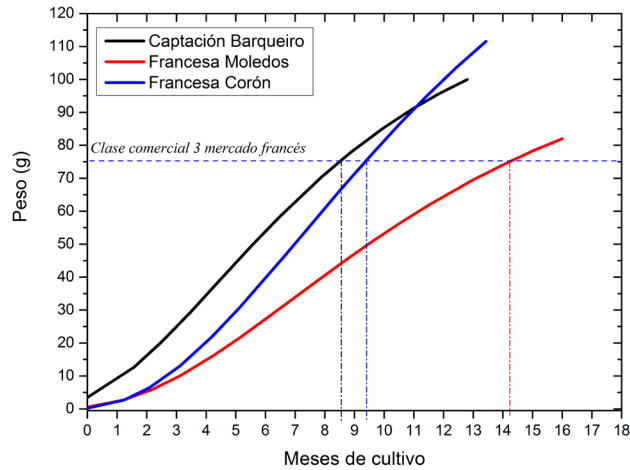


Figura 7. Evolución del crecimiento en peso (g) de los tres lotes de que se emplearon en las experiencias de cultivo. Se señala el momento en que cada lote alcanzaría la clase comercial 3 del mercado francés.

que el tamaño inicial de partida de la semilla captada en O Barqueiro fue muy superior al de la semilla francesa e incluso próximo al tamaño medio que suelen presentar las ostras francesas de 18 meses introducidas para su engorde. El peso de las ostras en el momento en que alcanzaban tamaño comercial fue igualmente superior en el caso de la semilla autóctona pues 93 % de las ostras se incluían en la categoría 3 o superiores, frente a un 60 % en el caso del lote francesa Corón y un 33 % en el lote francesa Moledos (Fig. 8). Recientemente, cultivando esta especie mediante el empleo de jaulas de cultivo patentadas por el Instituto Español de Oceanografía en bateas de la Ría de Arousa, utilizando semilla importada

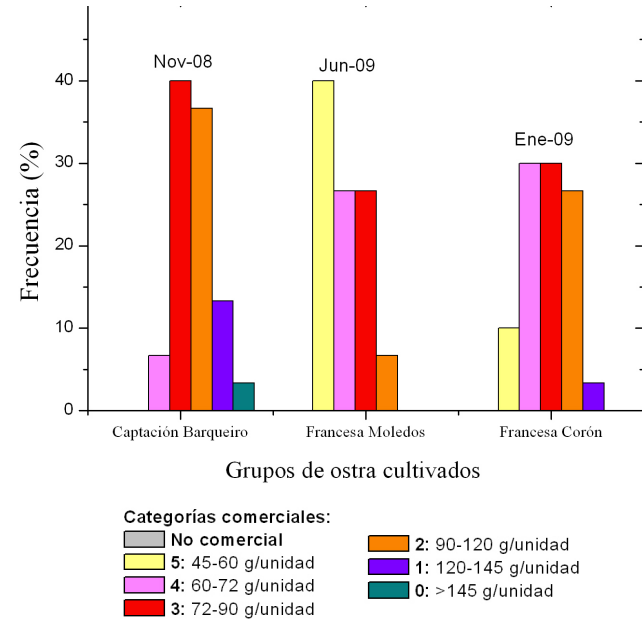


Figura 8. Distribución del peso de las ostras de los tres lotes en el momento que alcanzaron el tamaño comercial, distribuidos entre las diferentes categorías comerciales establecidas por el mercado francés.

de Francia (Gomes Antonio, 2013) mostraron también crecimientos muy rápidos, incluso superiores a los obtenidos en O Barqueiro, que confirman el potencial de las costas gallegas para el desarrollo de esta especie en un periodo de tiempo inferior a lo que se estima normal para su comercialización.

La mortalidad acumulada a lo largo del período de cultivo fue muy baja en todos los lotes, con valores del 4,6 % en la semilla autóctona de O



Barqueiro, del 6,5 % en el lote Francesa Moledos y del 6,3 % en las ostras francesas Corón. Los estudios histopatológicos que se desarrollaron paralelamente a este seguimiento de mortalidad no detectaron patologías importantes que pudiesen ser de trascendencia para su cultivo (Iglesias y col. 2012). Cabe destacar que las ostras importadas de Francia provenían de la captación producida durante el año 2007, por lo cual todavía no se había detectado la presencia del virus herpes OsHV-1 μ var que, a partir del año siguiente, provocó unas elevadísimas mortalidades en gran parte de la producción ostrícola de diferentes países europeos.

El rendimiento en carne de las ostras se evaluó mediante el cálculo de un índice de condición muy empleado por científicos y ostricultores franceses, denominado índice de carne (Costil y col., 2005), que permite clasificar las ostras en tres categorías en función de su rendimiento en carne (especial: $IC > 10,5$; fine (“buena”): $6,5 < IC < 10,5$ y no clasificada: $IC < 6,5$). En el momento en que alcanzaron el tamaño comercial el lote de captación de O Barqueiro fue el que presentó un índice de carne medio menor, $9,93 \pm 0,32$ (media \pm EE; $n= 30$) por lo que, en su mayor parte, se encontrarían dentro de la categoría fine (buena). Los lotes de origen francés presentaron contenidos en carne mayores: $18,09 \pm 0,67$, en el caso de francesa cultivada en Moledos, y $14,88 \pm 0,78$, en el de francesa cultivada en Corón, y se encuadraron por tanto dentro de la categoría

especial en lo que respecta a contenido en carne. Sin embargo, cabe destacar que la época en que la ostra francesa de Moledos alcanzó tamaño para ser comercializada coincide con el verano y con el momento de máxima madurez gonadal, lo que le da un aspecto lechoso a la carne que impide su comercialización. En lo que respecta al aspecto externo de las ostras, los índices de forma empleados mostraron que la práctica totalidad de las ostras de los tres lotes cultivados presentaban una forma adecuada en el momento en que alcanzaron tamaño comercial.

Los datos obtenidos de la experiencia desarrollada en la Ría de O Barqueiro, en las que se abordaron diferentes variables productivas relacionadas con el crecimiento y engorde de *C. gigas*, permitieron concluir que el cultivo de los diferentes lotes arrojaron unos resultados prometedores a nivel técnico. Sin embargo, no habría que obviar que son valores registrados a partir del desarrollo de cultivos experimentales, por lo que se presentan bastantes incertidumbres que solamente se podrían despejar a través de experiencias a escala semi-industrial, mediante las cuales se pudiesen verificar si existen cuellos de botella que dificulten o imposibiliten llevar a cabo un cultivo real y efectivo de esta especie. Se han identificado tres factores que podrían ser limitantes a la hora de intentar el establecer un cultivo integral a nivel industrial, que están directamente relacionados con:

1. La capacidad captación de semilla, que permitiese el suministro periódico y en un



volumen suficiente de nuevos individuos que asegurasen la continuidad del cultivo;

2. La capacidad de carga del sistema, que debería ser capaz de mantener unas tasas de crecimiento y rendimiento en carne tan satisfactorias como las encontradas en la experiencia piloto; y

3. La disponibilidad de espacio, que también podría ejercer un papel limitante para el completo desarrollo de un cultivo en el ámbito de la ría.

Como se mencionó anteriormente, existe un conflicto por el uso de las superficies productivas en la zona intermareal, que ha llevado incluso en ocasiones a la retirada de grandes cantidades de ostra que afectaban de forma negativa en la explotación de otras especies de mayor valor e interés comercial. La implementación de una actividad acuícola viable a nivel económico pasaría por la producción de cantidades elevadas de ostra, siendo necesario disponer de una superficie de terreno que lo posibilite, tanto para la disposición de colectores como para la ubicación de las mesas de cultivo en sobreelevado. Con el fin de evitar conflictos de uso con el sector marisquero-recolector sería adecuado ubicar la actividad ostrícola en zonas improductivas, tal y como pueden ser las llanuras intermareales situadas en la zona interna de la Ría. Sin embargo, la velocidad de la corriente de marea en estas zonas es muy elevada y puede crear problemas técnicos derivados del volcado y enterramiento de las mesas de cultivo. Además, el nivel mareal de las mismas es significativamente más elevado

que el de las zonas en el que se realizaron las experiencias, lo cual puede redundar en tasas de crecimiento menores debido a mayores períodos de emersión de las ostras.

Igualmente, tal como se puso de relieve en el apartado que se centraba en el estudio de las poblaciones naturalizadas, la posibilidad de una hipotética explotación mediante cultivo también presenta importantes restricciones desde el punto de vista del propio sector. En la actualidad existe una densidad de población reproductora que asegura el mantenimiento de sus poblaciones en el escenario de demanda de mercado existente en estos momentos. Del mismo modo, el reducido precio que alcanza esta especie en primera venta y la existencia de unas vías de comercialización limitadas a un número restringido de compradores, que solicitan sus pedidos a demanda y con un precio preestablecido en función de la situación del mercado, hacen que el sector marisquero no se plantee cambiar el tipo de explotación que hasta el momento se lleva a cabo. Habría, pues, que trabajar en lograr una mejor comercialización si bien para ello sería necesario alcanzar unos estándares de calidad en lo que se refiere al producto (tamaño, forma, contenido en carne...) que, probablemente, sólo se podrían conseguir a través de labores de cultivo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Guillermo del Río Rocha y a David Gómez Brandariz por haber colaborado en la realización de este capítulo, aportando información sobre la explotación de la ostra rizada en sus respectivas cofradías.



Bibliografía

- Andreu, B. (1967). Explotación marisquera. *Ciencias*, 32 (4): 225-265.
- Andreu, B. y Arte, P. (1955). Incógnitas de la ostricultura en Galicia. *Industria Pesquera*, 7: 30-33.
- Andreu, B. y Arte, P. (1956). Expériences préalables sur la fixation des larves et la croissance hivernale des jeunes huîtres *O. edulis* dans les rias galiciennes. Conseil International pour l'Exploration de la Mer, CIEM, Copenhague, Dinamarca.
- Andreu, B. y Figueras, A. (1966). Experiencias sobre la recuperación de los bancos naturales de ostra plana (*Ostrea edulis*) en el Bao (Cambados, Ría de Arosa). *Siembra de conchas colectoras*. Pub. Tec. de la Junta Est. de Pesca, 5: 213-222.
- Auby, I. y Maurer, D. (2004). Etude de la reproduction de l'huître creuse dans le Bassin d'Arcachon- Rapport final. Rapport Ifremer R.INT.DEL/AR/04.05, 203 p.+ Annexes
- Ayres, P. (1991). Introduced Pacific oysters in Australia. *The Ecology of Crassostrea gigas in Australia, New Zealand, France and Washington State* En: J. Sutherland y R. Osman (eds.). Maryland Sea Grant College, College Park, Maryland, Estados Unidos. 3-7 pp.
- BIM (1996) BIM – Industry Code of Practice for Quality Irish Oysters. AnBord Iascaigh Mhara. Dun Laoghaire, Co. Dublin. Ireland.
- Biocca E. y Matta F. (1982). *Crassostrea angulata* (Lamarck, 1819), synonyme de *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793): études morphologiques et génétiques. *Parasitologia*, 24, 211-222.
- Boudry, P., Heurtebise, S., Collet, B., Cornette, F. y Gerard, A. (1998). Differentiation between populations of the Portuguese oyster, *Crassostrea angulata* (Lamarck) and the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), revealed by mtDNA RFLP analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 226:279-291.
- Bougrier, S., Raguene, G., Bachère, E., Tiger, G. y Grizel, H. (1986). Essai de réimplantation de *Crassostrea angulata* en France. Résistance au chambrage et comportement des hybrides *C. angulata*-*C. gigas*. Conseil International pour l'Exploration de la Mer. C. M. 1986/F: 38, 10 p.
- Brake, J., Evans, F. y Langdon, C. (2003). Is beauty in the eye of the beholder? Development of a simple method to describe desirable shell shape for the Pacific oyster industry. *Journal of Shellfish Research*, 22:767-771.
- Bruins, R.W.B. (1983). *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) op Texel. *Correspondentieblad van de Nederlandse Malacologische Vereniging*, 215:1436-1438.
- Cochard, J.C. y Dardignac, M.J., (1977). L'île d'Aix, IV faune: la conchyliculture. *Annales de la Société des Sciences Naturelles de la Charente-Maritime*, 6: 160-165.
- Comps, M. (1970). Observations relatives à l'infection branchiale des huîtres portugaises (*Crassostrea angulata* Lmk). *Revue de l'Institut des Pêches Maritimes*, 33: 151-160.
- Costil, K., Royer, J., Ropert, M., Soletchnik, P. y Mathieu, M. (2005). Spatio-temporal variations in biological performances and summer mortality of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in Normandy (France). *Helgoland Marine Research*, 59: 286-300.
- da Silva, P., Fuentes, J. and Villalba, A. (2005). Growth, mortality and disease susceptibility of oyster *Ostrea edulis* families obtained from brood stocks of different geographical origins, through on-growing in the Ría de Arousa (Galicia, NW Spain). *Marine Biology*, 147:965-977.
- Dégremont, L., Bédier, E., Soletchnik, P., Ropert, M., Huvet, A., Moal, J., Samain, J.F. y Boudry, P. (2005). Relative importance of family, site, and field placement timing on survival, growth, and yield of hatchery-produced Pacific oyster spat (*Crassostrea gigas*). *Aquaculture*, 249: 213-229.
- Dinamani, P. (1991). The Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), in New Zealand. En: *Estuarine and Marine Bivalve Mollusk Culture*, W. Menzel (ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida, Estados Unidos. 343-352 pp.



- Doménech, J. L. (1990). Primeros datos sobre el crecimiento de la ostra, *Crassostrea gigas*, en la Ría de Villaviciosa (Asturias, Norte de España). En: Actas del III Congreso Nacional de Acuicultura. A. Landín y A. Cerviño (eds.). Consellería de Pesca, Marisqueo e Acuicultura, Xunta de Galicia. Santiago de Compostela, A Coruña, España. 515-520 pp.
- Doménech, J. L. (1993). Captación y cultivo de las ostras, *Crassostrea gigas* y *Ostrea edulis*, en la Ría de Villaviciosa (Asturias). Boletín de Ciencias Naturales del Real Instituto de Estudios Asturianos, 43: 69-91.
- Drinkwaard, A.C. (1999). Introductions and developments of oysters in the North Sea area: a review. Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, 52: 301-308.
- Fabioux, C., Huvet, A., Lapègue, S., Heurtebise, S. y Boudry P. (2002). Past and present geographical distribution of populations of Portuguese (*Crassostrea angulata*) and Pacific (*C. gigas*) oysters along the European and North African Atlantic coasts. Haliotis, 31: 33-44.
- Fernández Rodríguez, C., Rodríguez López, C.; Ferre, M. C. y Rey, J. M. (1998). Sondeos en el conchero del castro de Punta de Cantodorxo (O Grove, Pontevedra): análisis zooarqueológico. Gallaecia, 17: 177-197.
- Figueras, A. (1970). Flat oyster cultivation in Galicia. Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchung, 20: 480-485.
- Figueras, A.J. (1991). *Bonamia* status and its effects in cultured flat oysters in the Ría de Vigo, Galicia (N.W. Spain). Aquaculture, 93: 225-223.
- Fundación Alfonso Martín Escudero (2002). Impulso, Desarrollo y potenciación de la Ostricultura en España. Mundi – Prensa. Madrid.
- Gaffney, P.M. y Standish, K.A.Jr. (1993). Hybridization among *Crassostrea* species: a review. Aquaculture, 116: 1-13.
- García García, J., García García, B. y Rodríguez, L.M. (2008). Influencia de diversas variables productivas y análisis de la viabilidad económica del cultivo de ostra rizada (*Crassostrea gigas*) en batea. Anales de Veterinaria de Murcia, 24: 109-120.
- Gomes Antonio, Í. (2013). Cultivo, biología reproductiva y bioquímica de la ostra japonesa “*Crassostrea gigas*” en la ría de Arousa. Tesis doctoral. Universidade da Coruña, España.
- González Gómez de Agüero, E. y Bejega García, V. (2009). Pesca y marisqueo en la ría de Arousa (Galicia) durante la cultura castreña. En: Actas de las II Jornadas de Jóvenes en Investigación Arqueológica, OrJIA (eds.). Libros Pórtico, Universidad Complutense de Madrid, España. Vol. I: 295-302 pp.
- Graells, M.P. (1870). Exploración científica de las costas del departamento marítimo del Ferrol. Establecimiento Tipográfico de T. Fortanet, Madrid.
- Grizel, H. y Héral, M. (1991). Introduction into France of the Japanese oyster (*Crassostrea gigas*). Journal du Conseil, Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer, 47:399-403.
- Grizel, H., Comps, M., Bonami, J.R., Cousserans, F., Duthoit, J.L., y Le Pennec M.A. (1974). Recherche sur l'agent de la maladie de la glande digestive de *Ostrea edulis* Linne. Science et Pêche. Bulletin D'Information et de Documentation de L'Institute Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, 240: 7-29.
- Guerra, A., Mosquera, G. Alvarez, M.J. y Montes, J. (1995). Crecimiento de semilla de ostra japonesa (*Crassostrea gigas*) hasta talla comercial, cultivada en suspendido en diferentes zonas de Galicia (NO España). En: Actas del V Congreso Nacional de Acuicultura, F. Castelló y A. Calderer (eds.). Publications de la Universitat de Barcelona. Barcelona, España. 270-275 pp.
- Guerra, A., Pérez Acosta, C. y Espinos, F. (1987). Primeras experiencias de cultivo de almeja japonesa (*Tapes semidecussatus*) y ostra japonesa (*Crassostrea gigas*) en la Ría de Ribadeo (N.W. de España). Cuadernos Marisqueros Publicación técnica, 12: 347-352.
- Heath, P.L. y Wilson, J.H. (1999). Assessment of Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), size and quality using a computer-based shape analysis technique. Aquaculture Research, 30: 299-303.



- Héral, M. (1991). La ostricultura francesa tradicional. En: Acuicultura, Vol. I, G. Bernabé (ed.). Omega, Barcelona, España. 295-336 pp.
- Huvet, A., Gerard, A., Ledu, C., Phelipot, P., Heurtebise, S.Z. y Boudry, P. (2002). Is fertility of hybrids enough to conclude that the two oysters *Crassostrea gigas* and *Crassostrea angulata* are the same species? Aquatic Living Resources, 15:45-52.
- Iglesias, D., Rodríguez, L., Montes, J., Conchas, R.F., Pérez, J.L., Fernández, M., y Guerra, A. (2005). Estudio de la viabilidad del cultivo de ostra rizada *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) en diferentes rías gallegas. Primeros resultados biológico-productivos. Boletín del Instituto Español de Oceanografía, 21(1-4): 293-309.
- Iglesias, D., Rodríguez, L., Gómez, L., Azevedo, C., y Montes, J. (2012) Histological survey of Pacific oysters *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Galicia (NW Spain). Journal of Invertebrate Pathology 111:244-251.
- Labarta, U. (1985). La investigación del mar en Galicia. Revista de Estudios Agrosociales, 34 (132): 209-232.
- Le Borgne, M., Gras, M.P., Comps, M., Carruesco, G. y Razet D. (1973). Observations sur la reproduction des huîtres dans la Seudre (Bassin de Marennes-Oléron) en 1972. Congrès International pour l'Exploration de la Mer, Comité des Crustacés, Coquillages et Benthos. C. M. 1973/K:16. 5p.
- López Veiga, E.C.; Carballeira Tella, D.; Penas Lado, E.; Caamaño Cebreiro, J.; Aguirre Enríquez, P.; Pastor Arratia, A.; Fernández Domonte, F.; Juárez Casado, S.; Fernández López, J.C.; Gallego Castro, A.; Louro Lojo, J.M.; Quintana Carballo, R. y Fernández Paradela, F. (1992). Plan de Ordenación dos Recursos Pesqueiros e Marisqueiros de Galicia. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, España.
- Mann, R., Burreson, E.M. y Baker, P.K. (1991). The decline of the Virginia Oyster fishery in Chesapeake Bay: considerations for introduction of a non-endemic species, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). Journal of Shellfish Research, 10(2): 379 – 388.
- Marteil, L. (1979). L'ostreiculture. En: La conchyliculture française. Troisième partie. Revues des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes, 43(1): 10-130.
- Massó, J.M., (1978). La enfermedad de la glándula digestiva de la ostra (*Ostrea edulis* L.) en las rías bajas. Boletín Instituto Español de Oceanografía, 4: 125-140.
- Mazuecos Blanca, M. E. y López Coteló, I. (1989). Estudio sobre el engorde de la ostra japonesa (*Crassostrea gigas* Thunberg) cultivada en dos zonas del Río Piedras (SO. de España). En: Acuicultura Intermareal. M. Yúfera (ed.). Instituto Ciencias Marinas de Andalucía. Cádiz, España. 79-91 pp.
- Menzel, R.W. (1974) Portuguese and Japanese oysters are the same species. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 31, 453-456.
- Molares, J., Pascual, C. y Quintana, R. (1986). Evaluación de la calidad de la ostra *Crassostrea gigas* mediante la utilización de índices de condición y análisis bioquímico elemental. Alimentaria, 171: 79-87.
- Montes, J. (1987). Situación epidemiológica de *Bonamia ostreae* en diferentes stocks de ostra plana (*Ostrea edulis* L.) en Galicia. Cuadernos Marisqueros Publicación Técnica, 12: 689-694.
- Montes, J., Mourelle, S.C. y Melendez, M.I. (1990). Bonamiosis en poblaciones de ostra plana (*Ostrea edulis* L.) de diferentes orígenes cultivada en Galicia. En: Actas III Congresos Nacional de Acuicultura, 879-884 pp.
- Montes, J., Villalba, A., Lopez, M.C., Carballal M.J. y Mourelle, S.G. (1991). Bonamiasis in native flat oysters (*Ostrea edulis* L.) from two intertidal beds of the Ortigueira Estuary (Galicia, N.W. Spain) with different histories of oyster culture. Aquaculture, 93: 213-224.
- Montes, J., Carballal, M.J., Lopez, M.C., y Mourelle, S.G. (1992). Incidence of bonamiasis in flat oyster, *Ostrea edulis* L., cultured in Galicia (N.W. Spain). Aquaculture, 107 (2-3): 189-192.



- Montes, J., Ferro-Soto, B., Conchas, R.F. y Guerra, A. (2003). Determining culture strategies in populations of the European flat oyster, *Ostrea edulis*, affected by bonamiosis. *Aquaculture*, 220, 175–182.
- Navaz, J.M. (1962). La explotación ostrícola de la ría de Vigo. *Industrias Pesqueras*, 143-144.
- Pardellas, X. y Polanco, E. (1987). Acuicultura Marina en Galicia. Xerais, Vigo, España.
- Pazó, J.P., Romarís, X.M. y Fernández Cortés, F. (1981). Fijación de ostra plana (*Ostrea edulis* L.) sobre colectores de celulosa en la bahía de Baiona (ría de Vigo) en el año 1979. *Oecologia aquatica*, 5: 125-134.
- Pérez Camacho, A. y Román, G. (1985). Cultivo en batea de semilla de ostra (*Ostrea edulis*) en la ría de Arosa. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 2(2): 1-8.
- Pichot, Y., Comps, M., Tige, G., Grizel, H. y Rabouin, M.A. (1979). Recherches sur *Bonamia ostreae* gen. n., sp. n., parasite nouveau de l'huitre plate *Ostrea edulis* L. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 43 (1): 131–140.
- Polanco, E., Montes, J., Outon, M.J. y Melendez, I. (1984). Situation pathologique du stock d'huitres plates en Galice (Espagne) en relation avec *Bonamia ostreae*. *Haliotis*, 14: 91-95.
- Quayle, D.B. (1988). Pacific oyster culture in British Columbia. *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences*, 218:1-241.
- Quinteiro, J., Rodríguez-Castro, J., Iglesias, D., Serra, M.B., del Río, G., Rodríguez-González, L. y Rey-Méndez, M. (2005). Evidencia de la presencia de fijaciones naturales de *Crassostrea gigas* en las Rías de Ribadeo y O Barqueiro basada en el análisis de secuencias mitocondriales del gen 16S rDNA. En: VIII Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas, M.R. Méndez, M. Izquierdo, A. Guerra y J. Fernández (eds.). Asociación Cultural do Foro dos Recursos Mariños e a Acuicultura das Rías Galegas. 313-320 pp.
- Ramilo, A., González, M., Carballal, M.J., Darriba, S., Abollo, E. y Villalba, A. (2014). Oyster parasites *Bonamia ostreae* and *B. exitiosa* co-occur in Galicia (NW Spain): spatial distribution and infection dynamics. *Diseases of Aquatic Organisms*, 110: 123-133.
- Ranson, G. (1967). Les especes d'huitres vivants actuellement dans le monde, defines par leurs coquilles larvaires ou prodossoconques. Etude des collections de quelques-uns des grands musées d'histoire naturelle. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* 31: 127–199.
- Rodríguez Rodríguez, C. (2012). Caracterización de la situación sanitaria del litoral español relativa a la infección por virus herpes en moluscos bivalvos y evaluación del impacto de la enfermedad. Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos, Planes Nacionales de Cultivos Marinos, informe final (2011-2012). 14 p.
- Sánchez, M. (1936). La ostricultura en la ría de Vigo. *Industria Pesquera*, 230: 10-11.
- Soletchnik, P., Huvet, A., Le Moine, O., Razet, D., Geairon, P., Faury, N., Gouilletquer, P. y Boudry, P. (2002). A comparative field study of growth, survival and reproduction of *Crassostrea gigas*, *C. angulata* and their hybrids. *Aquatic Living Resources*, 15(4): 197-261.
- Span, J.A. (1978). Successful reproduction of giant Pacific oysters in Humboldt Bay and Tomales Bay, California. *California Fish and Game*, 64: 123-124.
- Spencer, B. E. y Gough, C. J. (1978). The growth and survival of experimental batches of hatchery-reared spat of *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea gigas* Thunberg, using different methods of tray cultivation. *Aquaculture*, 13: 292-312.
- Spencer, B. E., Key, D., Millican, P. F. y Thomas, M. J. (1978). The effect of intertidal exposure on the growth and survival of hatchery-reared Pacific oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg) kept in trays during their first growing season. *Aquaculture*, 13: 191-203.



Ana Cerviño Otero es doctora en Biología Marina y Acuicultura y actualmente trabaja en la empresa Oceano Fresco (Portugal) dentro del equipo de I+D. Realizó su Tesis Doctoral en el Centro de Investigaciones Mariñas de Ribadeo (CIMA), donde desarrolló su carrera profesional durante 9 años. En este tiempo colaboró en cinco proyectos de investigación encaminados a optimizar el cultivo de almeja, tanto en criadero como en el medio natural y participó en numerosos congresos y foros de acuicultura con presentación de más de 30 trabajos de investigación. Además, trabajó en el criadero de moluscos de la empresa REMAGRO cultivando ostra y almeja a nivel industrial.

Óscar Iglesias Baños es técnico de Acuicultura y técnico de Laboratorio. Actualmente trabaja en el departamento de Cultivos de la empresa Oceano Fresco (Portugal). La mayor parte de su carrera profesional la desarrolló en la empresa REMAGRO, donde estuvo más de 9 años. Durante este tiempo realizó el cultivo integral de ostra y almeja en todas sus fases. Como técnico de laboratorio trabajó en esta misma empresa en el laboratorio de autocontrol de la depuradora de moluscos.

Fiz da Costa González es doctor en Biología y actualmente trabaja como ingeniero de Investigación y Desarrollo (I+D) en el criadero de moluscos Novostrea Bretagne (Francia). Ha publicado 17 artículos de investigación, 7 capítulos de libros y ha sido editor de 2 libros. Durante su carrera profesional ha trabajado en diversos centros de investigación, como el Centro de Investigaciones Mariñas (CIMA), Universidade da Coruña e Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer, Francia), participando en múltiples proyectos centrados en el cultivo de bivalvos (navajas, almejas y ostra japonesa) en criadero y medio natural.



CAPÍTULO 3

Producción de larvas y semillas de ostra rizada en criadero: una perspectiva industrial al cultivo.

Ana Cerviño Otero, Óscar Iglesias Baños y Fiz da Costa González

Ana Cerviño Otero
*Océano Fresco Unipessoal Lda. Edifício Miracenter. Rua do Matadouro. Valeirinha.
3070-436 Mira, Portugal.
anacervinootero@hotmail.com*

Óscar Iglesias Baños
*Océano Fresco Unipessoal Lda. Edifício Miracenter. Rua do Matadouro. Valeirinha.
3070-436 Mira, Portugal.*

Fiz da Costa González
Novostrea Bretagne, Route du Vieux Passage, Banastère. 56370 Sarzeau, Francia.



RESUMEN

El cultivo de ostra rizada en criadero se viene realizando desde los años 60, llegando en la actualidad a consolidarse como una industria muy importante en países como Francia, Australia o EEUU. Las instalaciones necesarias para el cultivo de ostra en criadero comprenden una zona para la estabulación y acondicionamiento de reproductores, una zona para el cultivo de larvas y semilla e instalaciones adecuadas para el cultivo de fitoplancton. Además, los sistemas de tratamiento y filtración son una de las partes más importantes, pues a cada sección del criadero deberá suministrarse agua con una filtración y temperatura determinada. La época de puesta natural de la ostra ocurre entre finales de primavera y verano, sin embargo se pueden obtener desoves en criadero durante todo el año combinando temperatura 20-22 °C) y alimentación. En el cultivo larvario y postlarvarios se obtienen tasas de supervivencia elevadas (superiores al 70%) y en un mes la semilla alcanza tallas de hasta 1 mm, necesitando posteriormente de 2 a 4 meses (dependiendo de la época) para alcanzar una talla adecuada (6 mm) para continuar el preengorde en el medio natural. La producción de ostras triploides en criadero aporta grandes ventajas en el cultivo de esta especie, pues estas ostras tienen una mayor tasa de crecimiento. Además, al evitar que se reproduzcan son gastronómicamente más apreciadas.

Palabras clave: ostra rizada, criadero, cultivo, triploides



1. ANTECEDENTES DEL CULTIVO DE OSTRA RIZADA EN CRIADERO: LA SITUACIÓN ACTUAL EN GALICIA

El cultivo en criadero de bivalvos ha sido la línea de investigación de moluscos que quizás ha experimentado la progresión más significativa a lo largo de los últimos cincuenta años. Los primeros trabajos se iniciaron en los laboratorios de Milford (EEUU) por el equipo de Loosanoff y en Conway (Reino Unido) con los estudios de Walne. Sus trabajos esencialmente consistían en determinar los parámetros óptimos que favorecían el éxito del cultivo y entre las especies que cultivaron se encontraba la ostra plana (*Ostrea edulis*), la ostra rizada o japonesa (*Crassostrea gigas*), el mejillón (*Mytilus edulis*) y la almeja japonesa (*Ruditapes philippinarum*). Estos trabajos, recopilados en dos publicaciones (Loosanoff y Davis, 1963; Walne, 1966), obtuvieron resultados reproducibles que permitieron aplicar la tecnología al cultivo de especies de interés comercial y pasar de una escala experimental a un nivel industrial de producción en criaderos.

En la actualidad existen numerosos criaderos de producción de ostra rizada a nivel industrial en EEUU, Australia y Japón. En Europa los criaderos se encuentran principalmente en Francia, Reino Unido e Irlanda. En la década de los 70s se constituyeron los primeros criaderos industriales para el cultivo de bivalvos en Galicia. Entre los años 1972 y 1975 se realizó un programa de investigación conjunta entre el Instituto Español de

Oceanografía y el Plan de Explotación Marisquera de Galicia, donde se estudiaron las posibilidades de cultivo en criadero de las especies de moluscos bivalvos de mayor interés comercial en aquel entonces. En este trabajo, realizado por Pérez Camacho, Román Cabello y Torres Cervigón, se realizaron las primeras experiencias de cultivo de almeja babosa (*Venerupis corrugata*), almeja fina (*R. decussatus*) y ostra plana (*O. edulis*) (Pérez Camacho y col., 1977).

La Administración Pública ubicó un criadero en Ribadeo a finales de la década de los años 70. Desde 1978 se vienen realizando en esta instalación cultivos larvarios, postlarvarios y de semilla de especies de moluscos bivalvos de interés comercial, hasta una talla adecuada para su traslado al medio natural (Guerra, 1979). Los primeros trabajos se hicieron con la ostra plana (*O. edulis*) y la almeja fina (*R. decussatus*), posteriormente basándose en las técnicas empleadas para estas especies, y con adaptaciones en cada caso, se han cultivado otras de interés comercial en Galicia. En la actualidad, en el Centro de Cultivos Mariños de Ribadeo se cultivan las siguientes especies: almeja babosa (*V. corrugata*), almeja fina (*R. decussatus*), almeja japonesa (*R. philippinarum*), almeja rubia (*Venerupis rhomboides*), coquina (*Donax trunculus*), navaja (*Ensis magnus*), longueirón (*E. siliqua*), longueirón vello (*Solen marginatus*) y erizo (*Paracentrotus lividus*) (Martínez-Patiño y col., 2008).



En los últimos 20 años han surgido algunas iniciativas privadas en Galicia para el cultivo de moluscos en criadero, entre las que cabe destacar los criaderos de las empresas Remagro y Ostreira por su vinculación al cultivo de ostra. Remagro, S.A. posee un criadero ubicado en A Lanzada (O Grove), que inició su actividad en el año 1994 y que en la actualidad no está operativo. En este criadero se llegaron a producir anualmente 50 millones de unidades de semilla de ostra rizada. Esta empresa desarrolló además un catamarán para el preengorde de semilla de ostra rizada, que posteriormente engordaba en las bateas ubicadas en la Ría de Arousa o en los parques intermareales que esta empresa tiene en Asturias (Ría de Ribadeo). A Ostreira, S.L. centra su actividad en la producción de semilla de almeja y ostra plana. El inicio de su actividad data del año 1987 y en la actualidad posee un criadero en el Puerto Barizo (Malpica), un semillero en O Grove y varias bateas de producción de ostra plana y para el preengorde de semilla de moluscos.

2. INSTALACIONES BÁSICAS DE UN CRIADERO

Los criaderos varían enormemente en cuanto a su diseño, configuración, construcción y objetivos de producción. Sin embargo, los elementos básicos de un criadero de ostra rizada son los mismos para cualquier criadero de moluscos bivalvos e incluyen:

- una zona para estabular, acondicionar los reproductores e inducirlos a la puesta,
- una zona para cultivar las larvas y para mantener la semilla hasta una talla adecuada,
- instalaciones para la producción de fitoplancton a pequeña y gran escala.

Además, se debe contar con un laboratorio, una zona para el tratamiento del agua y un almacén/taller. En la *Figura 1* se muestra un plano con las instalaciones básicas de un criadero de ostra rizada.

3. SISTEMAS DE FILTRACIÓN Y TRATAMIENTO DEL AGUA

Uno de los factores más importantes a la hora de escoger la ubicación para un criadero de ostra rizada es la calidad del agua; ya que se necesita usar grandes volúmenes de agua a diario y de la calidad de la misma (a lo largo de todo el año) va a depender en gran medida el éxito del criadero. Por lo tanto, es esencial instalar el criadero alejado de zonas urbanas y de posibles focos de contaminación industrial o agrícola. Aun cuando el agua sea de una calidad excelente, ésta debe ser tratada para eliminar organismos no deseados, como zooplancton, fitoplancton y bacterias. Aunque el sistema de tratamiento de agua de cada criadero depende de varios factores (calidad inicial del agua, diseño de las instalaciones, preferencias del operador...) la mayoría de los criaderos siguen



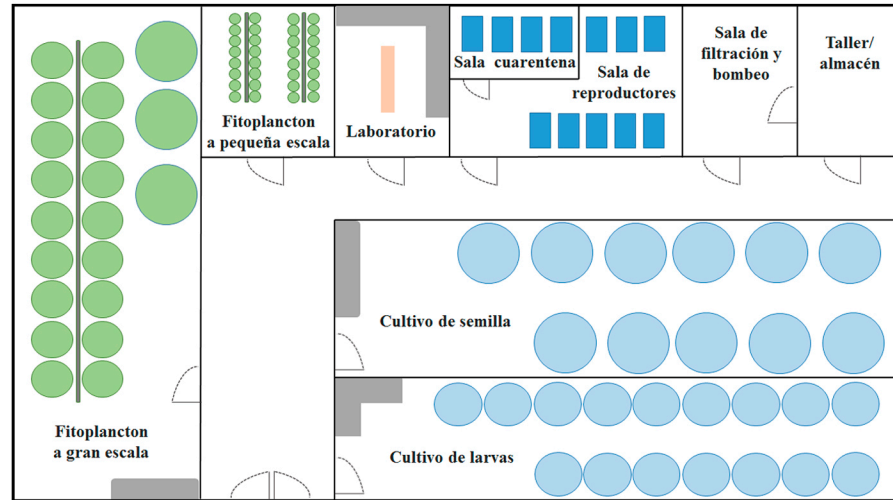


Figura 1. Plano con las instalaciones básicas de un criadero de ostra rizada.

una rutina común.

El agua es bombeada directamente desde el mar a tanques de almacenamiento de gran capacidad, donde ya se realiza una primera decantación de sedimentos. Desde este tanque, el agua se hace pasar por filtros de arena donde se retienen partículas de más de 20-40 μm y por baterías de filtros de cartucho para retener las partículas de entre 20 y 1 μm . Además, para el cultivo de las larvas el agua se esteriliza para eliminar toda clase de organismos usando luz ultravioleta. Para el cultivo de fitoplancton el agua se esteriliza con autoclave o pasteurizador. En ciertos casos, el agua se puede esterilizar químicamente empleando una solución de hipoclorito de sodio, a la que antes

de emplearla se le añade tiosulfato sódico para neutralizar el cloro residual.

En el criadero las distintas áreas de cultivo tienen que estar interconectadas por tuberías y a cada uno de los departamentos se hace llegar agua de una filtración determinada. Así, para reproductores o semilla de gran tamaño se utiliza agua con poca filtración (filtro de arena o cartucho de 20-10 μm) y para fitoplancton y larvas se usa agua de mar más filtrada e incluso esterilizada (5-1 μm y ultravioleta). En la *Figura 2* se presenta un diagrama donde se muestra el tipo de tratamiento que se le aplica al agua de cultivo dependiendo de cuál sea su uso final. La limpieza y mantenimiento de los sistemas de filtración y de las tuberías



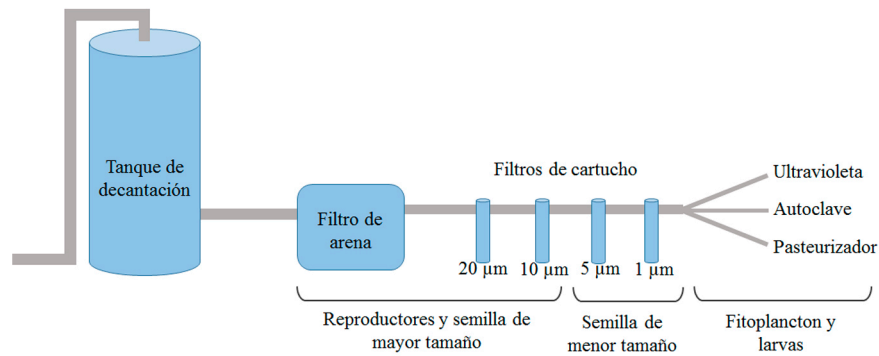


Figura 2. Tratamiento del agua para cada sección de cultivo

del criadero es uno de los puntos críticos más importantes, puesto que si se gestionan de una manera no adecuada pueden llegar a realizar el efecto contrario al deseado y pasar a convertirse en focos de infección causando mortalidades no deseadas. Como norma general, además de realizar un buen mantenimiento de las tuberías, éstas se deben diseñar con poco recorrido, con el menor número de zonas muertas, de fácil acceso para la limpieza, y, a poder ser, dobles para poder realizar la limpieza de un circuito mientras se utiliza el otro.

Por último, es necesario tener controlada la temperatura del agua para optimizar las condiciones de cultivo. Así, en invierno el agua se calienta con un intercambiador de placas y en el verano, cuando las temperaturas son más elevadas, puede ser necesario utilizar máquinas de refrigeración para disminuir la temperatura de

la misma. A cada sección del criadero el agua se hace llegar a una temperatura determinada.

4. CULTIVO DE FITOPLANCTON

La ostra rizada, al igual que el resto de los moluscos bivalvos, se alimenta por filtración, principalmente de fitoplancton. Por lo tanto, el cultivo de fitoplancton en un criadero es necesario para garantizar el crecimiento óptimo de larvas, juveniles y semilla de ostra, ya que el contenido de microalgas natural del agua de mar es insuficiente para alimentar grandes densidades de larvas o semilla. Además, durante el tratamiento de filtración al que es sometido el agua se elimina el fitoplancton natural, por lo que debe ser substituido por microalgas cultivadas en el propio criadero.



La calidad y cantidad de alimento que se suministra, son parámetros importantes en el éxito de las distintas fases del cultivo. Además de que tengan un tamaño adecuado para ser ingeridas, generalmente entre 2 y 10 μm , el valor nutricional de las microalgas y la digestibilidad son aspectos importantes en la elección de las especies que se van a suministrar en la dieta. Además, es importante tener en cuenta la facilidad de cultivo de una especie de microalga para la elección de las especies cultivadas en el criadero (Robert y Trintignac, 1997). De entre las microalgas, son varias las especies de diatomeas y flageladas que se cultivan como alimento para las diferentes etapas del cultivo en los criaderos de bivalvos. Las especies más empleadas son: *Tetraselmis suecica*, *Isochrysis galbana*, *Tisochrysis lutea* (= *I. galbana* clon T-Iso) y *Diacronema lutheri* dentro de las flageladas, y *Chaetoceros calcitrans*, *C. mulleri*, *C. neogracile*, *Skeletonema marinoi*, *Thalassiosira pseudonana* y *Phaeodactylum tricorutum* dentro de las diatomeas (Robert y Trintignac, 1997). El fitoplancton se cultiva en agua de mar natural tratada y enriquecida con nutrientes adicionales como nitratos, fosfatos, oligoelementos esenciales, vitaminas y dióxido de carbono. Además, en el cultivo de las diatomeas se añaden silicatos.

Para el cultivo de fitoplancton se emplean sistemas de cultivo intensivo monoespecíficos y en la mayoría de los criaderos el sistema empleado es el llamado discontinuo o por “lotes” (“batch”). Este se realiza comenzando el cultivo con un stock de

cepas de 20 ml que sirven para inocular recipientes de mayor volumen, generalmente de 2 y 6 l. Éstos a su vez servirán de inóculo para sistemas de cultivo mayores, como bolsas plásticas (con capacidad entre 30 y 400 l) o tanques de polietileno o fibra de vidrio de entre 1.000 y 2.000 l. Además del cultivo por lotes, en los criaderos se suele emplear el sistema continuo o semicontinuo para el cultivo de fitoplancton a escala intermedia (bolsas plásticas de 400 litros). En el caso del sistema continuo, cuando la bolsa alcanza la concentración deseada se le añade un aporte constante de agua esterilizada con nutrientes a la vez que se cosecha el mismo volumen de fitoplancton. En el caso del cultivo semicontinuo se cosecha una cantidad determinada de fitoplancton que es substituido por agua nueva y nutrientes. Con estos sistemas se consigue mantener la misma bolsa produciendo fitoplancton de forma continua durante más tiempo.

Las primeras fases de cultivo de fitoplancton (cepas y matraces) se suelen desarrollar dentro de una cámara isoterma, con iluminación artificial constante y a una temperatura de 19 ± 1 °C. Las fases de cultivo a mayor escala se suelen desarrollar en ambientes menos controlados, normalmente a temperatura ambiente y sin iluminación artificial constante. Para la alimentación de larvas se requiere poco fitoplancton, pero de gran calidad nutricional y microbiológica, por lo que generalmente se utiliza el fitoplancton cultivado en menores volúmenes. Para la alimentación



de reproductores y semilla se necesita grandes cantidades de fitoplancton, por lo que se suele utilizar el que es cultivado en grandes volúmenes, que es menos costoso de producir, pero presenta menor calidad. La semilla de mayor tamaño se alimenta con piscinas de “bloom”. Estas son piscinas de gran tamaño que se llenan con agua de mar cruda (sin filtrar) y a las que se le adicionan nutrientes para potenciar la proliferación de las microalgas que se hallan de forma natural en el agua. Esta es la forma menos costosa de producción de fitoplancton, no obstante, es una producción variable puesto que depende mucho de las condiciones ambientales (temperatura ambiente y del agua de mar).

5. ESTABILACIÓN DE REPRODUCTORES Y OBTENCIÓN DE LA PUESTA

Ciclo reproductivo de la ostra rizada.

La ostra rizada es una especie hermafrodita ya que un mismo individuo puede producir ambos tipos de gametos (ovocitos y espermatozoides). Los gametos se desarrollan en una misma gónada, pero en momentos diferentes a lo largo de la etapa reproductiva, alternando los distintos cambios de sexo durante toda la vida del animal. Es por ello que la ostra rizada presenta hermafroditismo asincrónico alternante. La época de puesta en el medio natural es dependiente de la temperatura, de la salinidad, del fotoperiodo y de la disponibilidad

de alimento y ocurre, generalmente, entre finales de la primavera y verano (Escudeiro, 2006). La fecundación de la ostra rizada es externa (a diferencia de la ostra plana), siendo los espermatozoides y los huevos expulsados al exterior, donde se produce la fecundación. El desarrollo de la larva es indirecto, pasando por varias fases de vida plantónica hasta que sufren la metamorfosis, se fijan al substrato y comienzan la fase de vida bentónica.

Estabilación de reproductores y acondicionamiento.

La estabilación de reproductores en un criadero para la obtención de puestas controladas se puede realizar siguiendo dos estrategias. Por un lado, se puede aprovechar la época de puesta natural, estabilando los reproductores en la época de madurez y obteniendo los desoves de los reproductores recién traídos del medio. Por el otro lado, se pueden acondicionar reproductores fuera de su época de puesta natural. Para ello se manipula el medio físico y la alimentación, promoviendo el desarrollo gonadal y la gametogénesis, para así conseguir adelantar la madurez sexual y ampliar los períodos de puesta de gametos.

Previamente a la estabilación de los reproductores en el criadero, éstos deberán mantenerse en una zona de cuarentena separada físicamente del resto de las zonas de cultivo. La estabilación de los reproductores en esta zona permite mantenerlos



aislados mientras son analizados para descartar enfermedades, muy importante en el caso de la ostra rizada debido a la pandemia causada por la microvariante del virus herpes 1 de ostreidos. El agua y el material que se usa en estas instalaciones debe ser posteriormente esterilizado (cloro, UVA, ozono...), para evitar la posible transmisión de enfermedades de los reproductores que son traídos del medio natural al resto de las instalaciones.

Durante el acondicionamiento los factores ambientales más importantes sobre los que generalmente se inciden son la temperatura y la alimentación. Los cambios estacionales de temperatura y abundancia de fitoplancton en el medio natural frecuentemente están relacionados con el desarrollo gonadal y la gametogénesis en invertebrados marinos (Sastry, 1979). Es por ello que, para favorecer la maduración de los reproductores durante el acondicionamiento, se someten a incrementos de temperatura y a suministros de alimento elevados. El acondicionamiento de reproductores de ostra rizada se realiza en pequeños tanques rectangulares (de entre 50-100 l) de polietileno o de fibra de vidrio, aunque también se puede realizar en grandes piscinas de hormigón de hasta 40 m³. Las ostras se colocan en los tanques o piscinas dentro de bandejas perforadas, para permitir dejar pasar las heces y los residuos (Fig. 3). Se mantienen en circuito abierto, con aireación constante y a la salida de los mismos se colocan tamices con base de malla de 45 µm para la recogida de los

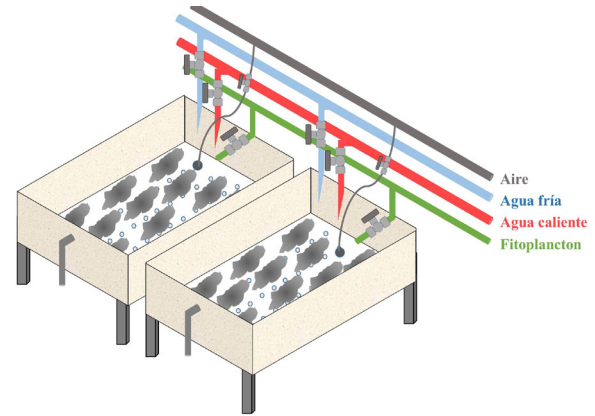


Figura 3. Sistema de estabulación de reproductores

desoves (en el caso de que estos se produjeran de manera espontánea). En cada uno de los tanques se colocan individuos adultos (de entre 70 y 100 gramos), no sobrepasando una densidad de 15-20 g/l, que dependiendo del tamaño de las ostras y del volumen del tanque, son entre unos 10-20 individuos. El caudal de agua que se incorpora al tanque debe ser suficiente para facilitar la renovación del agua y a su vez el máximo aprovechamiento del fitoplancton. Generalmente se renueva el volumen total del tanque cada 1-2 horas.

La alimentación de los reproductores se realiza diariamente, con una dieta mixta de todas las especies cultivadas en el criadero y a una ración entre el 3 y el 6% del peso seco de las microalgas con respecto al peso seco de la carne de los reproductores. A poder ser, el fitoplancton se



añade de forma continua para permitir el mayor aprovechamiento del mismo.

Para el acondicionamiento de reproductores se utilizada agua de mar con muy poca filtración. En verano, cuando la ostra rizada está madura en el medio natural, la temperatura del agua a la que se estabulan los reproductores es la misma que la del medio natural. Sin embargo, durante el invierno y primavera, cuando la temperatura del agua es aun baja, es necesario calentar el agua hasta una temperatura de entre 20-22 °C para favorecer la maduración gonadal. Como mínimo, dos o tres veces por semana se deben vaciar los tanques para proceder a su limpieza y evitar la acumulación de metabolitos y bacterias. Diariamente se controla la temperatura de los tanques, se retiran los ejemplares muertos y se controla la alimentación y el caudal de agua.

El tiempo necesario para acondicionar reproductores y obtener desoves fuera de la época natural de puesta, depende del mes de inicio del acondicionamiento y, por lo tanto, del estado gonadal en el que se encuentren los reproductores cuando son llevados al criadero. Así, si se inicia el acondicionamiento a principios de invierno se necesitarán al menos dos meses para conseguir que los reproductores alcancen la madurez gonadal, mientras que si se inicia a finales del mismo bastará con un mes para acelerar la madurez y obtener desoves controlados. La ventaja principal del acondicionamiento de reproductores es que,

en el caso de la ostra rizada, se pueden obtener desoves a lo largo de todo el año combinando los parámetros de acondicionamiento. Sin embargo, éste lleva asociados unos procesos, principalmente alimentación y calentamiento del agua, que aumentan los costes finales de producción de la semilla. Por lo tanto, depende de cada criadero decidir cuál es la mejor estrategia a seguir.

Obtención de la puesta.

La inducción a la puesta en un criadero permite obtener desoves cuando se necesiten, siempre que los individuos presenten gametos maduros. Esto permite planificar los cultivos, además de realizar una fecundación controlada. En la inducción a la puesta o “spawning”, los reproductores maduros son estimulados a liberar sus gametos en respuesta al estímulo que se les ha aplicado, siendo el choque térmico (cambios bruscos de temperatura del agua) el método más aplicado en el cultivo de bivalvos. Para inducir el desove por choque térmico los reproductores se someten a cambios bruscos de temperatura de agua, entre 15 y 25 °C, a intervalos de entre 1 y 2 horas. Para ayudar a iniciar el desove se suelen adicionar otros estímulos como un poco de fitoplancton o el esperma de algún macho sacrificado. Cuando las ostras comienzan a desovar se deben separar en recipientes individualizados (separando machos y hembras) para poder realizar una fecundación controlada. Los machos emiten un filamento continuo de aspecto lechoso, mientras que las hembras emiten pulsos de aspecto más granular.



En la ostra rizada se ha desarrollado el método manual, sacrificando a los animales y realizando cortes en la gónada para la obtención de los gametos. Para ello, cuando las ostras están maduras, se separa la valva superior de la ostra y se realizan en la gónada varios cortes con un bisturí. La gónada se lava con agua de mar filtrada y se recogen los gametos en un vaso de precipitados. Es importante evitar romper el tejido digestivo con el bisturí para que no contaminen los gametos. Una vez recogidos los gametos de cada ostra, se observa al microscopio una pequeña muestra con el fin de desechar los gametos de las ostras que no estén completamente maduros. Los espermatozoides deben ser móviles y los ovocitos, que al principio son piriformes, se deben redondear al entrar en contacto con el agua.

Las hembras de ostra rizada poseen una elevada fecundidad, individuos adultos de un peso entre 70 y 90 g pueden llevar entre 80 y 120 millones de huevos (Helm y col., 2006). Los ovocitos se fecundan con una mezcla del esperma de los machos. El ratio adecuado es de 100 espermatozoides por ovocito para evitar la polispermia y posteriormente el mal desarrollo larvario. Una vez fecundados los huevos se lavan para eliminar el esperma sobrante y se introducen en los tanques de incubación, a una densidad de entre 10 y 20 huevos/ml en sistema cerrado y hasta 100 huevos/ml en sistema abierto.

6. CULTIVO LARVARIO

Desarrollo larvario de ostra rizada.

Tras la fecundación del huevo éste se comienza a dividir y pocas horas después (aproximadamente 12 horas) se forma una larva trocófora provista de una corona de cilios, que nada libremente en la columna de agua. Entre las 24-48 horas después de la fecundación, la glándula de la concha secreta la primera concha larvaria, que acabará envolviendo la larva trocófora para dar lugar a la larva D veliger. En este momento comienza la fase de larva veliger, que es planctónica y en la que comienza a aparecer el sistema digestivo que posibilita la alimentación exógena a partir de fitoplancton. Una de las características más importantes de la larva D es la charnela recta y la presencia del velo, un órgano que no sólo le sirve para alimentarse, sino que le permite nadar y desplazarse en la columna del agua. A partir del momento en el que la larva comienza a alimentarse se produce un considerable aumento del tamaño, lo que implica un crecimiento de la concha en la que se empiezan a observar las líneas de crecimiento.

Hacia el final del desarrollo larvario, que dependiendo de la temperatura ocurre entre los 14 y 20 días, la larva comienza a desarrollar el pie mientras que persiste todavía el velo, es la llamada larva pediveliger. Una característica importante en la ostra rizada es que en esta fase se desarrolla el “ojo”, una mancha oscura circular en el centro de cada valva. La aparición de esta mancha ocular



indica la finalización del cultivo larvario y el inicio de la fijación y metamorfosis.

Sistemas de cultivo y operaciones de manejo.

Hay dos sistemas que se usan principalmente para el cultivo de larvas de ostra rizada en un criadero: el sistema cerrado y el sistema abierto (Fig. 4). En ambos sistemas se utilizan tanques troncocónicos de entre 500 y 1000 litros de capacidad de polietileno o de fibra de vidrio, pero la diferencia principal de ambos es que en el sistema de agua cerrado el agua se cambia totalmente cada dos días, mientras que en el abierto el agua se introduce de forma continua, intercambiando y substituyendo un volumen fijo de agua cada día.

En el sistema cerrado cada dos días se cambia

totalmente el agua del cultivo. Para ello se coloca en el desagüe del tanque una batería de tamices (de menor a mayor luz de malla) que permite separar por tamaños las larvas a medida que se vacía el tanque. Con este proceso se pueden separar y distribuir por tallas las larvas en distintos tanques, y a su vez permite descartar aquellas que por su menor tamaño o mortalidad interesen eliminar. Al tanque se le incorpora una aireación suave para suspender y mezclar las larvas con el alimento de manera uniforme.

La dieta óptima para la alimentación de las larvas sería la compuesta por una mezcla de las siguientes microalgas: *T. lutea*, *D. lutheri* y *C. calcitrans* (Rico-Villa y col., 2008). La dieta se suministra diariamente comenzando con una

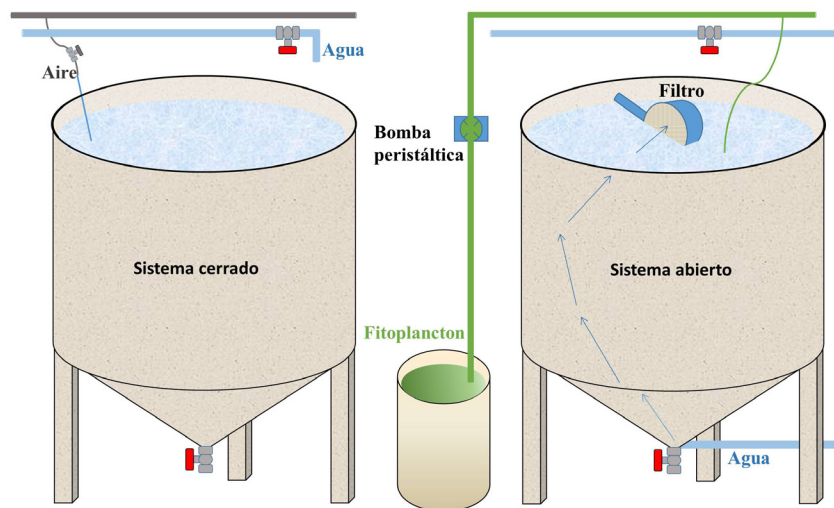


Figura 4. Sistemas de cultivo larvario de ostra rizada. Sistema abierto y cerrado.



ración de 40.000 células/ml aumentándola según las necesidades de cultivo hasta 100.000-120.000 células/ml.

Los cultivos larvarios requieren un mantenimiento diario, controlando la temperatura y la presencia o ausencia de fitoplancton en el agua para ajustar la dieta. Normalmente, cuando al día siguiente del suministro del alimento el agua del tanque de cultivo aparece totalmente transparente, se necesita aumentar la dosis de alimentación. Por el contrario, si en el agua de cultivo aparece bastante fitoplancton sobrante, se disminuirá la ración de alimento a suministrar, ya que es más perjudicial alimentar las larvas en exceso que quedarse corto.

En el sistema de circuito abierto (o en continuo) se utiliza el mismo tipo de tanque al que se añade una entrada de agua (normalmente por el fondo del tanque) y una salida de agua (por la parte superior). En la salida de agua se acopla un filtro para evitar que las larvas se escapen por el desagüe. La tasa de intercambio de agua debe ser suficiente para impedir la acumulación de desechos metabólicos dentro del tanque, pero a su vez debe permitir el máximo aprovechamiento del fitoplancton. Las larvas reciben la alimentación necesaria a través de una bomba peristáltica. La cantidad y velocidad de alimento depende del número de larvas, del tamaño y de la velocidad del caudal de agua que entra de manera continua en el tanque. Con el sistema de cultivo continuo se desperdicia parte del fitoplancton suministrado,

pero en esta fase de cultivo, el porcentaje de fitoplancton que se necesita es muy pequeño respecto al fitoplancton necesario para alimentar progenitores y semilla.

Una de las ventajas del sistema de cultivo continuo es que se necesita menor mano de obra para su manejo, puesto que como mucho se realiza una o dos limpiezas del tanque durante todo el cultivo larvario. Además, el sistema de cultivo continuo soporta densidades de cultivo mayores que el sistema cerrado, reduce los requerimientos de espacio en el criadero, simplifica el manejo de las larvas y mejora el desarrollo larvario y la metamorfosis (Rico-Villa y col., 2008). Este sistema permite también mantener una densidad constante del alimento en los tanques de cultivo larvario.

Aunque es una medida que se debe aplicar en todo el criadero, durante el cultivo larvario hay que prestar mucha atención al mantenimiento y limpieza de todo el material. Tanto los tanques de cultivo como todo el material que se vaya a utilizar debe lavarse bien (con detergentes suaves y desinfectantes diluidos como la lejía) y luego aclararse con agua dulce o agua de mar filtrada.

Crecimiento y supervivencia de la ostra rizada durante el cultivo larvario.

La temperatura de cultivo es el factor más importante que incide en el crecimiento y supervivencia de las larvas, ya que la tasa



metabólica de las larvas viene dada por la temperatura del agua en la que nadan. El rango óptimo de temperatura de cultivo de ostra rizada está entre 18 y 27 grados. A mayor temperatura de cultivo mayor velocidad de crecimiento de las larvas, aunque también mayor probabilidad de aparición de proliferación bacteriana que cause mortalidad en el cultivo. Por lo tanto, se considera que la temperatura óptima de cultivo para mantener una buena relación crecimiento/supervivencia de las larvas de ostra rizada está entre 22-24°C.

Las larvas D de ostra rizada tienen un tamaño medio de 90 µm y el porcentaje de transformación de huevo a larva D suele ser alto (70-85%). Las larvas que no transformaron totalmente o con malformaciones se descartan. La densidad de larvas que se introducen en el tanque de cultivo depende del sistema empleado. Así, en el sistema de cultivo cerrado se cultiva a una densidad de entre 5-10 larvas/ml, lo que equivale a que en cada tanque de 500 litros se puedan cultivar entre 2'5 y 5 millones de larvas. En el sistema de cultivo abierto la densidad de larvas que se puede introducir es mucho mayor, llegando hasta las 50 larvas/ml (25 millones de larvas por tanque).

La velocidad de crecimiento de las larvas de ostra rizada es de aproximadamente 10 µm/día (Robert y Gérard, 1999), llegando a aparecer la larva pediveliger entre los 18-22 días con una talla de 300-350 µm. La supervivencia de las larvas desde

la fase de larva D hasta el inicio de la metamorfosis puede alcanzar valores entre 70-80 %.

7. FIJACIÓN Y METAMORFOSIS

Hacia el final del estadio larvario, con un tamaño aproximado de 300 micras, aparece una mancha ocular a cada lado del cuerpo y se desarrolla el pie. En el momento en el que se observa esta larva pediveliger (con pie y velo todavía funcional) comienza la etapa de fijación y metamorfosis. Esta es una etapa muy crítica en la que se producen cambios importantes, tanto morfológicos como fisiológicos, y en la que se pueden dar grandes mortalidades si el proceso no se realiza correctamente.

Una vez que los individuos han alcanzado este grado de desarrollo, sufren metamorfosis y se fijan al sustrato secretando una pequeña gota de cemento en la valva inferior. La glándula secretora de cemento se encuentra en el pie y a partir de este momento, en el que el pie ya no es necesario, la larva sufre la metamorfosis. La desaparición del pie y el velo marca la transición de la etapa de larva nadadora a una etapa de semilla sésil y fijada irreversiblemente a un sustrato.

Sistemas y sustratos adecuados para la fijación de ostra rizada.

Cuando en el 50% de las larvas de un cultivo se



observa la mancha ocular, se preparan las larvas para el momento de la fijación. Este proceso se puede hacer en los mismos tanques en los que se realiza el cultivo larvario, a los que se le añade el sustrato de fijación, o realizar en tanques específicos para tal fin. Para la fijación de la ostra rizada se pueden utilizar varios sistemas. El más tradicional es el uso de láminas negras y onduladas de PVC (imitando a los colectores del medio natural). Con este método se aumenta mucho la superficie disponible para que las larvas puedan fijarse, pero el inconveniente principal es que finalizada la metamorfosis las postlarvas deben separarse manualmente del colector por medio de una cuchilla. Para evitar el estrés que supone el despegue de las ostras se ideó otro sistema, la utilización de material granulado como soporte para la fijación. Normalmente se utiliza concha triturada y de un tamaño no muy grande (aproximadamente 300-400 μm) para evitar que más de una larva se pegue a la misma partícula de concha.

En algunos criaderos utilizan estímulos para potenciar la fijación. Uno de los más empleados y con mejores resultados es el choque térmico, enfriando las larvas antes de introducirlas en el tanque de fijación. También se pueden utilizar sustancias químicas, como la epinefrina, que da buenos resultados en la fijación de la ostra rizada (Robert y Gérard, 1999). El índice de mortalidad de ostra rizada durante el proceso de fijación y metamorfosis es muy bajo. A diferencia de otros

bivalvos como en las almejas, en el que la fijación y metamorfosis de la semilla es la fase donde se encuentran mayores mortalidades, en el caso de la ostra rizada podemos alcanzar valores de supervivencia superiores al 80%.

8. CULTIVO DE SEMILLA

El cultivo de semilla en un criadero, es una de las fases más costosas y de la que, en gran medida, dependerá la rentabilidad de la instalación. En su dimensionamiento hay que tener en cuenta la cantidad de semilla que se necesita producir y el tiempo estimado de cultivo para dimensionar correctamente el espacio necesario, volumen de agua que se necesita bombear o la cantidad de fitoplancton que es necesario producir. Estos cálculos son de vital importancia y han de tenerse en cuenta a la hora de diseñar las instalaciones.

Sistemas de cultivo de semilla y operaciones de manejo.

Dentro del cultivo de semilla en un criadero hay que distinguir dos etapas o fases. La primera comprende el tiempo desde que la semilla finaliza la metamorfosis y hasta que alcanza una talla aproximada de 1 mm. En la segunda fase se cultiva la semilla hasta que tiene un tamaño adecuado para iniciar el preengorde en el medio natural, entre 4 y 6 mm.



El cultivo de semilla de menor tamaño (hasta 1 mm) se suele realizar dentro de las instalaciones del criadero, con temperatura controlada (20-22 °C) y alimentación a base del fitoplancton producido en bolsas o tanques de cultivo monoespecíficos. Uno de los sistemas más comúnmente empleados son los cilindros con fondo de malla en el que se deposita la semilla y a través de la cual se fuerza el paso de agua, ascendente o descendente (Fig. 5). Los principales inconvenientes de esta técnica son el gran requerimiento de espacio y los altos costes de mano de obra necesaria para mantener limpios los cilindros y las mallas. Para el cultivo de semilla a mayor densidad se pueden utilizar

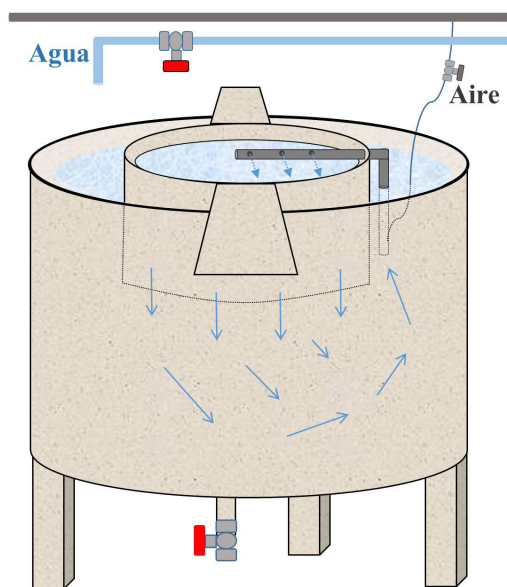


Figura 5. Tanque de estabulación de semilla.

sistemas cerrados de cultivo, utilizando cilindros o tubos por los que se hace circular un flujo de agua ascendente. Con este sistema se puede estabular una gran cantidad de semilla en un espacio más reducido y además, otra ventaja de este sistema, es que se evita que las semillas de ostra se peguen formando agregados.

Para el cultivo de semilla de mayor tamaño se suelen diseñar semilleros anexos a las instalaciones principales del criadero. En estos semilleros se bombea agua de mar cruda (sin filtrar) y a la que se le añade fitoplancton cultivado en piscinas de “bloom”. Este sistema es muy dependiente de las condiciones ambientales (temperatura del agua y producción de fitoplancton), por lo que se emplea para la semilla de mayor tamaño y que por lo tanto necesita condiciones menos controladas y más parecidas a las condiciones naturales en las cuales se va a completar el preengorde. Durante el cultivo de la semilla ésta debe ser lavada regularmente para evitar problemas de contaminación bacteriana y por lo tanto la aparición de mortalidades. Además, con las operaciones de limpieza regulares se evita que la semilla se pegue una a otra, lo que haría disminuir su valor final en el mercado. Cuando la semilla es de menor tamaño se debe lavar como mínimo cada dos días, mientras que la semilla de mayor tamaño puede ser lavada sólo 1 ó 2 veces por semana. Hay que prestar especial atención en la limpieza de las mallas de los cilindros, puesto que si estos llegan a tupidarse se impide la circulación del agua y por lo tanto la aparición



de zonas muertas sin oxígeno. A su vez, a mayor densidad de la semilla, cantidad de alimento y temperatura, el tanque y el cilindro donde está estabulada la semilla se ensuciará más, por lo que la periodicidad de las operaciones de limpieza deberá adaptarse según las condiciones de cultivo. Semanalmente la semilla de ostra rizada deberá ser tamizada para estabularla por tamaños en cilindros separados y para eliminar las colas de menor crecimiento. Con este proceso se favorece el crecimiento uniforme de la semilla.

Parámetros de cultivo de la semilla.

Dentro de los parámetros de cultivo la densidad es uno de los factores que más influencia tiene en el crecimiento y mortalidad. La tasa de crecimiento se reduce a medida que se aumenta la densidad de cultivo. A menor tamaño de la semilla la densidad utilizada debe ser menor, ya que al ser semilla de pequeño tamaño el número de unidades que pueden introducirse en el sistema es más elevado. Así, después de finalizada la metamorfosis, con un talla de 400 μm , la semilla se estabula en los recipientes de cultivo a una densidad de 150-200 unidades/ cm^2 . Al finalizar la fase de cultivo de la semilla, con una talla de unos 4-6 mm, la semilla se estabula a una densidad de 5-10 unidades/ cm^2 . Por lo tanto, la densidad de semilla que se puede introducir en un determinado sistema dependerá del tamaño de la misma y de la velocidad de crecimiento, que vendrá principalmente determinada por la temperatura a la que esté el cultivo. Pero además deberá tenerse

en cuenta aspectos como la disponibilidad de espacio, la mano de obra disponible y del tipo de sistema empleado. El cultivo de la semilla de hasta 1 mm, con una temperatura controlada de 20-22 °C, dura alrededor de 1 mes. La duración del cultivo de semilla en los semilleros, donde están a temperatura ambiente, depende de la época del año. Así, en verano bastarán dos meses para alcanzar una talla de 6 mm, mientras que en invierno serán necesarios hasta 4 meses para que la semilla alcance la misma talla.

9. PRODUCCIÓN DE TRIPLOIDES

Las ostras triploides poseen tres juegos de cromosomas (3n), a diferencia de las normales que son diploides y poseen dos (2n). La característica principal de los triploides es su esterilidad. La producción de moluscos triploides se inició en los Estados Unidos en la década de los 80 con la especie *C. gigas*. La tecnología de producción de ostras triploides se desarrolló por el interés de la industria en desarrollar una ostra que se pudiera comercializar durante todo el año. La gónada de ostra rizada en el momento de madurez puede llegar a ocupar el 50% del peso de la carne del animal y, en general, son gastronómicamente menos apreciadas por el consumidor debido a su textura lechosa y por un sabor algo desagradable. Después del desove la gónada pierde volumen, se vuelve acuosa y de aspecto visual menos agradable.



La ostra triploide es también conocida como ostra de las “cuatro estaciones”, ya que el consumidor puede consumirla a lo largo de todo el año al no tener que evitar la época de reproducción. Además, las ostras triploides tienen un crecimiento más rápido que las diploides, ya que toda la energía la utilizan para el crecimiento en lugar de utilizarla para la producción de gametos.

La triploidía es un recurso ampliamente utilizado en el cultivo de bivalvos, especialmente en el cultivo de la ostra rizada, llegándose a desarrollar una fuerte industria en diferentes países a lo largo de todo el mundo. Hay dos métodos para producir ostras triploides. El primero, conocido como el método indirecto, fue desarrollado en la década de los 80 en los Estados Unidos por el equipo del investigador Standish Allen. Este método consiste en aplicar un tratamiento químico o un choque térmico a los huevos para evitar que finalicen la meiosis. Así, el huevo diploide ($2n$) se fecunda con el espermatozoide haploide (n) dando lugar a una ostra triploide ($3n$). Debido a que con esta técnica no se conseguía asegurar que el 100% de las ostras producidas fueran triploides y que se cuestionaba el uso de los compuestos químicos para la producción de los mismos, en los años 90 el mismo equipo de investigación desarrolló la técnica de producción de ostras tetraploides ($4n$). Con esta técnica se consigue obtener el 100% de ostras triploides sin la utilización de ningún compuesto químico, juntando machos tetraploides ($4n$) que producen espermatozoides

diploides ($2n$), con hembras diploides ($2n$) que producen ovocitos haploides (n). Sin embargo, este método de producción de triploides depende fuertemente de la disponibilidad de tetraploides fértiles y viables, siendo éste el mayor desafío actual en la producción de ostras triploides.

El método desarrollado por el equipo de Standish Allen en los EEUU para producir ostras tetraploides utiliza ostras que, aun siendo triploides, producen huevos maduros; es decir no son ostras estériles (Guo y Allen, 1994; Patente USA#5824841; 20/10/1998). Estos huevos provenientes de ostras triploides ($3n$) son fecundados con espermatozoides (n) de machos diploides. Con un tratamiento químico se evita la finalización de la meiosis y por lo tanto dan lugar a ostras tetraploides ($4n$). Además existe el método francés, que permite obtener tetraploides a partir del cruce de machos y hembras diploides tras inhibir la extrusión del primer corpúsculo polar por métodos químicos (Benabdelmouna y Ledu 2007, patente FR #2913982-A1; 23/03/2007).

10. VENTAJAS DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA EN CRIADERO

En países productores de ostra rizada como Francia, el mayor productor europeo, la industria se abastece principalmente de la semilla que se recoge en el medio natural. Sin embargo, la



disponibilidad de esta semilla varía de año a año, ya que depende fuertemente de las condiciones ambientales (que influenciarán el desove y supervivencia de las larvas) y de la aparición de brotes de enfermedades. Por este motivo, se considera indispensable para una producción continua y sostenible de ostra rizada, la existencia de criaderos que garanticen la disponibilidad permanente de semilla de esta especie.

Además de poder garantizar la disponibilidad de semilla a lo largo del año, acondicionando reproductores y adelantando la época de puesta con respecto al medio natural, la producción de semilla en criaderos presenta una serie de ventajas con respecto a la producción natural. Una de las más importantes es que en un criadero se puede realizar el control de parásitos y enfermedades, permitiendo producir semilla libre de determinadas enfermedades. En este sentido, uno de los requisitos que la administración exige para permitir la producción de semilla en criadero que luego será introducida en el medio natural, es que ésta se realice bajo unas medidas higiénicas y de control de enfermedades. Esto se lleva a cabo controlando el origen de los reproductores (para evitar que transmitan enfermedades perjudiciales para la semilla) y manteniendo en el criadero un programa de vigilancia epidemiológica para la detección y control de enfermedades. En este sentido es responsabilidad del criadero notificar todos los movimientos de animales que se realicen (entrada de reproductores y

salida de semilla), así como la notificación de enfermedades o mortalidades anormales. Otra de las ventajas principales es que en un criadero se pueden realizar programas de selección, obteniendo reproductores con unas determinadas características morfológicas, resistentes a determinadas enfermedades o con una mayor tasa de crecimiento y supervivencia. Además de realizar programas de selección de reproductores, en un criadero se puede obtener semilla de ostra triploide, que después de engordada en el medio natural se puede vender a lo largo de todo el año pues se evita tener que parar la venta durante la época de reproducción. Por último, destacar que la producción de ostras triploides en criadero combinado con la obtención de ostras resistentes a enfermedades como la del herpes virus, se considera un requisito indispensable para la viabilidad y futuro del cultivo de este bivalvo.



Bibliografía

- Benabdelmouna, A. y Ledu, C. (2007). Obtention de mollusques bivalves tétraploïdes à partir de géniteurs diploïdes. Patente FR #2913982-A1.
- Escudeiro, A. (2006). Crecimiento y reproducción de la ostra rizada, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), cultivada en intermareal y en batea en Galicia (NW España). Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Aquaculture and Fisheries. Universidade do Algarve, Portugal.
- Guerra, A. (1979). Producción de semilla de ostra y almeja en la Planta de Cultivos Marinos de Ribadeo. Cuadernos Marisqueros.
- Guo, X. y Allen, S.K. Jr. (1994). Viable tetraploids in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) produced by inhibiting polar body in eggs from triploids. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* 3(1): 42-50.
- Helm, M.M., Bourne, N. y Lovatelli, A. 2006. Cultivo de bivalvos en criadero. Un manual práctico. FAO Documento Técnico de Pesca. N° 471.
- Loosanoff, V. y Davies, H.C. (1963). Rearing of bivalve larvae. *Advances in Marine Biology*. 1: 1-136.
- Martínez-Patiño, D., Cerviño-Otero, A., Louzán, A., da Costa, F., Ojea, J. y Nóvoa, S. (2008). Producción de especies de interés marisquero en la Planta de Cultivos de Ribadeo. II Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura. Cumaná. Venezuela. 629-633.
- Pérez Camacho, A., Román Cabello, G. y Torre Cervigón, M. (1977). Experiencias en cultivos de tres especies de moluscos bivalvos: *Venerupis pullastra* (Montagu), *Venerupis decussata* (Linnaeus) y *Ostrea edulis* (Linnaeus). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 235: 215-268.
- Rico-Villa, B., Woerther, P., Mingant, C., Lepiver, D., Pouvreau, S., Hamon, M. y Robert, R. (2008). A flow-through rearing system for ecophysiological studies of Pacific oyster *Crassostrea gigas* larvae. *Aquaculture* 282: 54-60.
- Robert, R. y Gérard, A. (1999). Bivalve hatchery technology: The current situation for the Pacific oyster *Crassostrea gigas* and the scallop *Pecten maximus* in France. *Aquatic Living Resources*, 12(2): 121-130.
- Robert, R. y Trintignac, P. (1997). Microalgues et nutrition larvaire en éclosion de mollusques. *Haliotis*, 26: 1-13.
- Sastry, A.N. (1979). Pelecypoda. En: *Reproduction of Marine Invertebrates*. Academic Press, New York. 5. 113-292 pp.
- Walne, P.R. (1966). Experiments in the large-scale culture of the larvae *Ostrea edulis* L. *Fisheries Investigations*. Ministry of Agriculture. Fisheries and Food. United Kingdom. Ser 2.25.





Antonio Villalba García es Doctor en Biología por la Universidad de Santiago de Compostela. Formó parte del Primer Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura del Gobierno de España (1984-86), especializándose en enfermedades de moluscos en el Virginia Institute of Marine Science. Desde 1988 coordina un equipo de investigación en el Centro de Investigaciones Marinas (Xunta de Galicia). Ha publicado más de 100 artículos (SCI), registrado una patente, coordinado proyectos nacionales e internacionales de investigación y presidido varios congresos internacionales. Imparte clases de Máster en las universidades de Galicia y en la del País Vasco y ha dirigido 8 tesis doctorales. Es Profesor Honorífico Investigador de la Universidad de Alcalá.

M^a Asunción Cao Hermida es Doctora en Biología por la Universidad de Santiago de Compostela (2002). Desde el año 2003 está integrada en el Grupo de Patología de Moluscos del Centro de Investigaciones Marinas (Xunta de Galicia). Especialista en Proteómica y el sistema inmunitario de los moluscos. Ha coordinado un proyecto de investigación, participado en varios proyectos nacionales e internacionales, publicado 26 artículos y dirigido dos tesis doctorales.

Andrea Ramilo Álvarez es Doctora en Biología por la Universidad de Santiago de Compostela. En el año 2006 se incorporó al Grupo de Patología de Moluscos del Centro de Investigaciones Marinas (Xunta de Galicia). Ha participado en proyectos de investigación autonómicos, nacionales y europeos, publicado 13 artículos, participado en 22 comunicaciones en congresos internacionales y registrado una patente.

Elvira Abollo Rodríguez es Doctora en CC. Biológicas por la Universidad de Vigo, con premio extraordinario de doctorado. Contratada post-doctoral del Programa de la Unión Europea Marie-Curie (2001-2004). Contratada por el programa Ramón y Cajal en el Centro de Investigaciones Marinas (Xunta de Galicia) (2004-2009). Desde 2009 es personal de plantilla del Centro Tecnológico del Mar, adscrita al área de Tecnología de los Productos Pesqueros. Especialista en Parasitología y Patología de Organismos Marinos, ha publicado más de 70 artículos de investigación, participado en 24 proyectos de investigación, inventora de una patente registrada y ha dirigido dos tesis doctorales.



CAPÍTULO 4

El reto de la alta mortalidad en el engorde de la ostra rizada *Crassostrea gigas*: infección por la microvariante del virus herpes 1 de ostreidos.

Antonio Villalba, Asunción Cao, Andrea Ramilo y Elvira Abollo

Antonio Villalba

*Centro de Investigacións Mariñas (CIMA), Consellería del Mar, Xunta de Galicia, Apto. 13.
36620 Vilanova de Arousa.*

*Profesor Honorífico, Departamento de Ciencias de la Vida, Universidad de Alcalá. 28871 Alcalá de Henares.
antonio.villalba.garcia@xunta.gal*

Asunción Cao

*Centro de Investigacións Mariñas (CIMA), Consellería del Mar, Xunta de Galicia, Apto. 13.
36620 Vilanova de Arousa.*

Andrea Ramilo

*Centro de Investigacións Mariñas (CIMA), Consellería del Mar, Xunta de Galicia, Apto. 13.
36620 Vilanova de Arousa.*

Elvira Abollo

Centro Tecnológico del Mar - Fundación CETMAR. Eduardo Cabello s/n. 36208 Vigo.



RESUMEN

La industria ostrícola francesa, azotada por epidemias que arrasaron la producción de *Crassostrea angulata* y *Ostrea edulis*, sustituyó ambas especies por una especie exótica, *Crassostrea gigas*, resistente a las enfermedades responsables de tal crisis. Esta estrategia fue paradigmática y el cultivo de *C. gigas* se extendió por Europa y otros continentes. No obstante, a *C. gigas* le afecta el fenómeno conocido como “mortandad estival”, que se manifestó en Francia con variabilidad interanual y espacial altas, con diferencias entre juveniles y adultos, aunque raramente superaba el 40% en las zonas afectadas. Sin embargo, desde el 2008 se producen mortandades estivales masivas de semilla, incluso superando el 90%, por todo el litoral francés, asociadas a la infección por la microvariante del virus herpes de ostreidos 1 (OsHV-1 μ Var). El problema se propagó a otros países europeos, Australia y Nueva Zelanda, convirtiéndose en pandemia. El capítulo incluye un resumen de conocimientos sobre esta infección. En Galicia, la semilla de *C. gigas* sufre mortandad masiva, asociada a la infección por OsHV-1 μ Var, en polígonos de engorde de la Ría de Arousa, mientras que en el polígono Redondela A (Ría de Vigo) no hemos detectado el virus y la mortalidad es muy baja. En la ría de Arousa, el periodo con temperatura del agua inferior a 16 °C (sin riesgo de mortalidad) no es suficientemente largo para que la semilla de criadero alcance un tamaño que garantice la resistencia a esta infección. Finalmente, se proponen vías para desarrollar el engorde de ostra rizada con supervivencia alta en Galicia.

Palabras clave: Mortandad estival, virus herpes 1 de ostreidos, OsH-1 μ Var, *Vibrio aestuarianus*, *Vibrio splendidus*, gestión sanitaria, selección de resistencia.



1. DERRUMBE DE UN PARADIGMA: DE LA REPUTACIÓN DE ESPECIE RESISTENTE A UNA CRISIS INTERNACIONAL POR MORTALIDAD ALTA

Resistencia de la ostra rizada *Crassostrea gigas* a enfermedades de otras especies de ostras en Europa.

Francia ha sido y continúa siendo el país con mayor producción de ostras en Europa y el cuarto a nivel mundial después de China, Corea del Sur y Japón. Desde la década de los sesenta del siglo pasado, la industria ostrícola francesa ha sufrido crisis graves por la mortandad masiva de las dos especies de ostra producidas hasta entonces (Fig. 1). Cronológicamente, la primera especie afectada fue la ostra portuguesa, *Crassostrea angulata*, originaria del Pacífico pero naturalizada en el litoral atlántico francés, que fue masacrada hasta su práctica desaparición por dos epidemias sucesivas, la enfermedad de las branquias (1966-69) (Marteil, 1969) y una infección viral sin signos obvios (1970-72) (Marteil, 1976), ambas provocadas por iridovirus (Comps y Duthoit, 1976; Comps y col., 1976). La segunda especie afectada fue la ostra plana autóctona, *Ostrea edulis*, que también sufrió el azote sucesivo de dos enfermedades, ambas debidas a protozoos, las infecciones por *Marteilia refringens* (marteiliosis, desde 1969) y por *Bonamia ostreae* (bonamiosis, desde 1979) que, tras asolar los bancos y cultivos de la costa atlántica francesa se han convertido en enfermedades endémicas, impidiendo el repunte de la producción de esta especie (Aranguren y

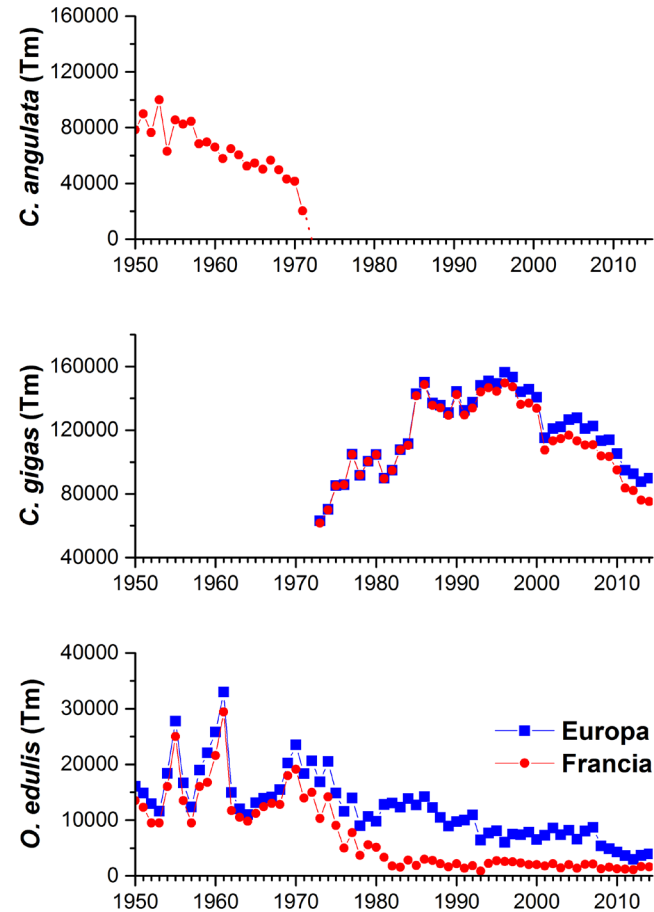


Figura 1. Evolución de la producción anual de tres especies de ostra, *Crassostrea angulata*, *Crassostrea gigas* y *Ostrea edulis*, en Europa y Francia, durante el periodo 1950-2014, según la base estadística de la FAO. Los datos de la FAO no permiten distinguir entre *C. angulata* y *C. gigas*, por lo que los datos de producción de *C. angulata* en Francia de la gráfica superior, desde 1966 (año "oficial" de la introducción de *C. gigas* en Francia) a 1971, en realidad corresponden a la suma de ambas especies.



col., 2011; Abollo y Villalba, 2011). La industria ostrícola francesa superó con éxito estas crisis mediante la sustitución de las especies de ostra producidas hasta entonces, muy susceptibles, por una especie exótica originaria del Pacífico, la ostra rizada *Crassostrea gigas*, resistente a las enfermedades responsables de las crisis (Villalba y Figueras, 2011); su producción creció de manera espectacular durante las décadas de los 70 y 80 del siglo pasado (Fig. 1). Ante el éxito de esta medida, otros países europeos como Holanda, Reino Unido, Irlanda, Portugal y España trataron de seguir lo que se consideró el paradigma francés, introduciendo la ostra rizada ante la caída de producción de la ostra plana autóctona por sobrepesca y bonamiosis.

El fenómeno de la mortandad estival de *Crassostrea gigas*.

Aun siendo resistente a las enfermedades mencionadas previamente, la ostra rizada *C. gigas* se ha visto afectada por episodios de mortalidad anormalmente alta (>30%) en diferentes áreas del litoral francés desde su introducción (Ropert y col., 2007). Causó especial preocupación el fenómeno conocido como la mortandad estival, que ya se venía sufriendo en los cultivos de esta ostra rizada en otros países, como Japón (Imai y col., 1965; Koganezawa, 1975) y EE. UU. (Pereyra, 1962; Glude, 1975). Este fenómeno captó la atención de investigadores franceses, estableciéndose redes de vigilancia por todo el litoral desde la década de los 90. Así se constató que se trataba de un fenómeno

con variabilidad interanual alta, con diferencias marcadas entre zonas y que frecuentemente afectaba de manera diferente a juveniles y adultos, sin un patrón reconocible (Ropert y col. 2007).

Las investigaciones realizadas en EE. UU. y Japón apuntaban a que la mortalidad alta de esta ostra en verano se debía a desórdenes fisiológicos y metabólicos por la coincidencia de varios factores estresantes para las ostras: madurez gonadal y liberación de gametos, temperatura alta, abundancia extrema de microalgas y caídas de la concentración de oxígeno disuelto (Glude, 1975; Koganezawa, 1975; Cheney y col., 2000). En el caso francés, ante la falta de una identificación concluyente de la causa de la mortandad estival de la ostra rizada tras una serie de estudios enfocados en factores aislados (temperatura, salinidad, microorganismos patógenos, oxígeno disuelto...), la investigación de este problema se abordó con un enfoque multidisciplinar a través del proyecto MOREST (Samain y McCombie, 2007) y también se concluyó que la confluencia de una serie de factores de riesgo daban lugar a episodios de mortalidad en el verano.

El esfuerzo reproductor de la ostra es un factor importante, cuanto más masa corporal se transforma en gónada, mayor riesgo de mortalidad; la temperatura elevada (> 19 °C) y la sobreabundancia de alimento contribuyen a incrementar la masa gonadal de la ostra y, en esas circunstancias de extenso desarrollo gonadal,



otros factores de estrés como contaminación química (pesticidas y otros), reducción del oxígeno disuelto, caída de salinidad por lluvia o aumento de niveles de amonio y sulfuro de hidrógeno por procesos de eutrofización y anaerobiosis en los fondos, pueden contribuir a desencadenar episodios de mortalidad. También hay una influencia de las características genéticas de las propias ostras, detectándose una alta variabilidad genética en la susceptibilidad al fenómeno de la mortandad estival (había linajes más susceptibles que otros). El esfuerzo reproductor intenso está asociado a un debilitamiento del sistema inmune, lo que favorece las infecciones.

En este sentido, hay que sumar una controvertida contribución de microorganismos patógenos, bacterias y virus en concreto, a la mortandad estival. En el caso francés, cepas bacterianas de *Vibrio splendidus* y *Vibrio aestuarianus* se asociaron con la mortalidad de ostras mayores de un año (Le Roux y col., 2002; Garnier y col., 2007) y un virus tipo herpes se asoció con la mortalidad de los estadios más jóvenes (Nicolas y col., 1992; Renault y col., 1994); el estudio taxonómico del virus condujo a su denominación de virus herpes de ostreidos 1 (OsHV-1) (Minson y col., 2000).

En el caso de la costa occidental de los EE. UU. se particularizó en la bacteria *Nocardia crassostreae* (Elston y col., 1987; Friedman y col., 1998) y un virus herpes semejante al detectado en Francia (Friedman y col., 2005; Burge y col., 2006).

Agudización y expansión de la mortandad estival de semilla de ostra rizada desde el 2008 - Infección por la microvariante del virus herpes 1 de ostreidos.

El panorama cambió completamente a partir del año 2008 para la industria ostrícola francesa. Si antes de ese año la mortandad estival afectaba a áreas concretas y raramente sobrepasaba el 40%, desde el 2008 se vienen produciendo de forma recurrente mortandades estivales masivas, incluso superiores al 90%, que afectan a la etapa juvenil, la semilla, por todo el litoral francés, provocando pérdidas dramáticas y una profunda crisis. Dado que Francia ha sido la fuente habitual de semilla de ostra rizada para ostricultores de muchos países, el problema se exportó y se propagó por otros países europeos e incluso a lugares tan distantes como Australia y Nueva Zelanda, generándose así una pandemia. Un enorme esfuerzo investigador por parte de grupos de diferentes países, especialmente de Francia, permitió detectar un genotipo recombinante de virus herpes, previamente desconocido, denominado microvariante del virus herpes de ostreidos (OsHV-1 μ Var) (Segarra y col., 2010), al que se le atribuyó un papel relevante como causante de la mortalidad en diversos países europeos (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2010, 2015; Cochennec-Laureau y Baud, 2011; Lynch y col., 2012; Peeler y col., 2012; Pernet y col., 2012; Roque y col., 2012; Domeneghetti y col., 2014) así como en Nueva Zelanda y Australia (Jenkins y col. 2013; Keeling y col., 2014; Paul-Pont y col. 2014). Además, no



se soslayó la influencia de otros factores en la magnitud de la mortalidad, como la infección por cepas virulentas de bacterias *V. splendidus* y *V. aestuarianus* y los procedimientos de cultivo. La magnitud pandémica provocó la reacción de las autoridades de Sanidad Animal para coordinar medidas de lucha a nivel internacional; en 2010 la Comisión Europea aprobó el Reglamento (UE) nº 175/2010 con medidas específicas frente a OsHV-1 μ Var y, en 2012, la infección por este virus pasó a ser considerada enfermedad emergente por la Organización Mundial de Sanidad Animal.

La situación se ha complicado con la intensificación de la caída de la producción francesa de ostra rizada a partir de 2012, debido a la mortalidad elevada de individuos adultos, asociada en este caso a infección por *V. aestuarianus* (Azéma y col., 2015; Barbosa-Solomieu y col., 2015; Azéma y col., 2016). Según Petton y col. (2015b), el papel de los vibrios en la mortandad estival de la ostra rizada podría incluso ser más importante del atribuido previamente pues, para que progrese la infección por OsHV-1 μ Var en los juveniles, podría ser necesaria una colonización previa por vibrios; los autores proponen que OsHV-1 μ Var no es esencial ni suficiente para ocasionar mortandad de los juveniles mientras que los vibrios son necesarios para el desarrollo de esta enfermedad, que califican de polimicrobiana oportunista. Parece conveniente evaluar la reproducibilidad de estos resultados en otros escenarios geográficos distantes del francés con episodios de mortandad masiva de semilla de ostra rizada asociada a la infección por OsHV-1 μ Var.

2. LA INFECCIÓN POR LA MICROVARIANTE DEL VIRUS HERPES 1 DE OSTREIDOS

Desde 2008 un número ingente de estudios ha puesto el foco en la infección por OsHV-1 μ Var para adquirir conocimientos que permitan desarrollar vías eficaces de lucha. A continuación se resume información relevante.

El virus.

El primer caso de infección por un virus tipo-herpes en moluscos bivalvos fue registrado por Farley y col. (1972) en *Crassostrea virginica*. Desde entonces se han notificado numerosos casos de infecciones por virus presumiblemente pertenecientes a la familia Herpesviridae en diferentes especies de bivalvos en todo el mundo, como *C. gigas*, *C. angulata*, *Crassostrea rivularis*, *O. edulis*, *Ostrea angasi*, *Ostrea chilensis*, *Ruditapes decussatus*, *Ruditapes philippinarum*, *Pecten maximus* y *Mytilus galloprovincialis* (Davison y col., 2005). En el caso del virus herpes detectado en ostra rizada *C. gigas* de Francia (Nicolas y col., 1992), denominado virus herpes 1 de ostreidos (Minson y col., 2000), el análisis de la morfología de la cápside y la secuencia genómica llevó a la conclusión de que el OsHV-1 representa un grupo de virus herpes diferente de los que incluyen virus herpes de vertebrados (Davison y col. 2005). El análisis de la secuencia genómica de virus aislados de diferentes especies de bivalvos y localizaciones geográficas ha mostrado una variabilidad notable. Además de la denominada microvariante del virus



herpes 1 de ostreidos (OsHV-1 μ var) (Segarra y col., 2010), especialmente virulenta y causante de mortandad masiva de semilla de ostra rizada *C. gigas*, se han detectado variantes de OsHV-1 en EE. UU. (Burge y col., 2011), Francia (Martenot y col., 2011, 2012, 2013, 2015a), Japón (Shimahara y col., 2012), Méjico (Grijalva-Chon y col., 2013), Corea del Sur (Hwang y col., 2013), China (Bai y col., 2015), Portugal y Andalucía (Batista y col., 2015), Cataluña (Andree y col., 2014), Irlanda (Morrissey y col., 2015) y Holanda (Gittenberger y col., 2015); no todas las variantes se han asociado a mortalidades anormalmente altas y, en relación con la patogenicidad, el genotipado de un locus microsatélite permite diferenciar variantes clínicas del virus (Renault y col., 2014a). Un estudio de Mineur y col. (2015) ofrece una perspectiva amplia sobre la variabilidad genética de OsHV-1; la mayor diversidad del virus se encuentra en el este de Asia, donde se han detectado múltiples variantes en poblaciones salvajes de ostras nativas sin síntomas de enfermedad y también genotipos emparentados con los asociados a mortandad masiva en Europa; los autores concluyen que el origen de este grupo de virus es asiático y, muy probablemente, la importación sin control (irresponsable) de lotes de ostra rizada desde Asia ha sido la vía de entrada de las variantes virulentas a Francia.

Diagnóstico.

Las técnicas microscópicas presentan limitaciones notables para el diagnóstico de la infección de

bivalvos por OsHV-1 pues, por un lado, no hay signos específicos fiables con técnicas histológicas estándar y, por otro, la microscopía electrónica de transmisión, con la que es posible observar el virus, es demasiado laboriosa y su sensibilidad demasiado baja para utilizarla de forma rutinaria.

Por ello el diagnóstico se basa en técnicas moleculares que detectan secuencias específicas del genoma viral. Se han publicado múltiples protocolos de PCR convencional con diversas parejas de cebadores para diagnosticar OsHV-1, algunos de los cuales permiten discriminar la microvariante (Batista y col., 2007; Webb y col., 2007; Reglamento (UE) n° 175/2010; Aranguren y col., 2012; Lynch y col., 2013). También se han puesto a punto procedimientos para la detección y cuantificación de la carga viral en los diferentes estadios de desarrollo de la ostra o en muestras de agua mediante real time-PCR (rt-PCR) (Pépin y col., 2008; Martenot y col., 2010; Segarra y col., 2014a). En comparación con los ensayos de PCR convencionales desarrollados, los procedimientos de rt-PCR ofrecen varias ventajas para la gestión de la enfermedad. Estos ensayos permiten procesar de forma rápida un gran número de muestras y su elevada sensibilidad es de gran utilidad para evaluar la severidad de las infecciones en los diferentes estadios de progresión de la enfermedad, permitiendo incluso diferenciar infecciones latentes de enfermedades en progresión.



Sin embargo, dado que la PCR sólo detecta ácidos nucleicos virales, como técnica confirmatoria se debe emplear la microscopía electrónica de transmisión o la hibridación *in situ* con sonda de ADN (Barbosa-Solomieu y col., 2004) o ARN (Corbeil y col., 2015, López-Sanmartín y col., 2016a) para detectar la presencia real del virus en los tejidos, especialmente ante nuevos registros geográficos o de hospedador. En las regiones endémicas, el diagnóstico por PCR se considera suficiente para diagnosticar la presencia de OsHV-1 (Batista y col., 2007). Por otro lado se han desarrollado protocolos de inmunohistoquímica para detectar OsHV-1 en cortes histológicos de ostra, usando anticuerpos policlonales específicos para tres proteínas virales (Martenot y col., 2016).

Dinámica epidémica.

La transmisión del virus se realiza directamente de ostra a ostra, de forma horizontal a través del agua (Sauvage y col., 2009; Schikorsky y col., 2011); un estudio reciente recoge evidencias de transmisión vertical del virus a través de los gametos, en el caso de la ostra portuguesa *C. angulata* (López-Sanmartín y col., 2016b). Se ha propuesto la hipótesis de que la transmisión del virus a través del agua se realiza asociada a partículas planctónicas (Paul-Pont y col., 2013, 2014) y no hay que desdeñar el papel de posibles fómites (equipamiento y utensilios de cultivo) en la transmisión. Las especies en las que se ha constatado infección por OsHV-1 μ Var de forma natural (no experimental) son la ostra rizada *C.*

gigas, la ostra portuguesa *C. angulata* y la ostra enana *Ostrea stentina* (López-Sanmartín y col., 2016c), por lo que individuos infectados de estas tres especies pueden ser fuente de partículas infectivas. La infección por OsHV-1 μ Var se indujo de forma experimental en semilla de ostra plana *O. edulis*, resultando en una mortalidad significativamente superior a la de los controles (López-Sanmartín y col., 2016a); en Galicia hemos detectado casos positivos por PCR de OsHV-1 μ Var en semilla de ostra plana cultivada en la misma batea que ostras rizadas infectadas por este virus pero la mortalidad de la semilla de ostra plana fue insignificante mientras que la de la ostra rizada fue superior al 80%, como se explica más adelante, de forma que *O. edulis* podría también ser fuente de partículas infectivas en el medio natural. Además, se ha detectado ADN de OsHV-1 μ Var en mejillones *Mytilus edulis* y coquinas *Donax trunculus* de Francia e Irlanda (OIE, 2016), sin que por el momento se haya determinado si estas especies pueden padecer la infección y si pueden ser reservorio del virus.

En condiciones favorables para la progresión de la infección, se puede producir mortalidad sustancial de semilla de ostra rizada transcurridos tan sólo 3-4 días desde la exposición a OsHV-1 μ Var (Dégremont y col., 2013; Petton y col., 2013; Paul-Pont y col., 2014). Entre los diferentes factores que influyen en la susceptibilidad de la ostra rizada a la infección por OsHV-1 μ Var, destacan la temperatura del agua y la edad y el



tamaño de la ostra. Múltiples estudios coinciden en la existencia de un umbral de temperatura en torno a 16 °C por encima del cual la replicación y transmisión del virus se incrementan, provocando mortalidad, mientras que por debajo, aun con cierta multiplicación viral, no hay mortalidad (Petton y col., 2013; Renault y col., 2014b; Petton y col., 2015a; de Kantzow y col., 2016). La temperatura también influye en cuánto tiempo mantienen su infectividad los virus libres en el agua (Martenot y col., 2015b). Es esa influencia tan marcada de la temperatura lo que determina que la mortalidad se concentre en el verano o incluso en un periodo más amplio en las áreas más cálidas. Por lo que se refiere a otros factores ambientales, se comprobó que con valores bajos de salinidad (10‰) la infectividad y replicación del OsHV-1 μ Var y la mortalidad se reducen de forma muy marcada en comparación con valores más altos de salinidad (15‰, 25‰ y 35‰) (Furhman y col., 2016). La disponibilidad de alimento de buena calidad (diatomeas) disminuye el riesgo de mortalidad de la semilla de ostra (Pernet y col., 2014); la exposición al dinoflagelado *Alexandrium catenella*, productor de toxina de tipo PSP, influye en la interacción entre el sistema inmunitario de la ostra y el virus, reduciendo la prevalencia de la infección (Lassudrie y col., 2015, 2016).

En cuanto a factores propios del hospedador, la susceptibilidad a la infección disminuye significativamente con el aumento de tamaño y edad de la ostra, siendo las etapas larvaria y

juvenil las más susceptibles (Dégremont, 2013). Oden y col. (2011) propusieron la existencia de un umbral de carga viral que, si no se supera, no se produce la muerte de la ostra; es más fácil que la carga viral supere dicho umbral en larvas y juveniles que en adultos vivos, de forma que éstos, aun no muriendo, pueden ser portadores de carga viral reducida y, por tanto, potenciales transmisores de la infección. La variabilidad entre individuos de *C. gigas* en la susceptibilidad a la infección por OsHV-1 μ Var es alta, de forma que el genotipo influye, habiéndose calculado un valor de heredabilidad de 0,61 para la mortalidad por exposición al virus (Dégremont y col. 2015a), lo que supone un claro potencial para desarrollar programas de selección genética de resistencia a la infección. El uso de individuos triploides para acelerar el crecimiento está bastante extendido en el engorde de semilla rizada, pero no se detectaron diferencias significativas en la tasa de mortalidad asociada a la infección por este virus entre semilla de ostra triploide y diploide (Dégremont y col., 2016). También en relación con alteraciones de la ploidía, Batista y col. (2016) propusieron la hipótesis de que el aumento de la aneuploidía somática (porcentaje de células aneuploides) hace a las ostras más susceptibles a la infección por este virus. Diversos factores pueden causar aneuploidía, entre ellos la contaminación. Como ocurre de forma general, las situaciones de estrés pueden debilitar el sistema inmunitario favoreciendo la infección.



Interacción ostra rizada-virus.

La interacción del sistema inmunitario de la ostra con el OsHV-1 μ Var ha sido objeto de numerosos estudios, con frecuencia en busca de marcadores moleculares de resistencia de la ostra a la infección. Green y Montagnani (2013) mostraron que la inyección de ARN de cadena doble (*poly I:C*) (simulando una infección viral) a semillas de ostra rizada induce en éstas una reacción inmune antiviral que las protege frente a una inyección subsecuente de OsHV-1 μ Var pero que no confiere protección frente a una inyección de bacterias *Vibrio splendidus*. La respuesta inmunitaria de la ostra rizada frente a OsHV-1 μ Var implica, entre otros, a genes de las rutas del interferón y de la apoptosis y es diferente a la reacción frente a bacterias (Green y col., 2016a); esa reacción inmune frente a OsHV-1 μ Var es diferente en juveniles y adultos y está influenciada por la temperatura (Green y col., 2014, 2016a), lo que es congruente con la influencia de edad y temperatura en la susceptibilidad de la ostra rizada a la infección por este virus. Green y col (2016b) han evidenciado que las larvas procedentes de padres tratados con *poly I:C* mostraban el doble de supervivencia frente a OsHV-1 μ Var que las larvas control obtenidas de padres sin tratamiento; los autores propusieron que la protección conferida a la descendencia no se debe a selección genética sino a una reprogramación epigenética o a aprovisionamiento materno y constataron una expresión mayor del gen del factor 2 regulador del interferón (IRF2). Analizando la expresión

de cinco genes seleccionados como cruciales en la respuesta de la ostra rizada frente a este virus, se constató que hay diferencias en los niveles de expresión génica entre estirpes de ostra con distinta susceptibilidad al virus (Segarra y col., 2014b), subrayando la importancia de la apoptosis como mecanismo eficaz de respuesta ante el virus en ostras adultas (Segarra y col., 2014c).

Los análisis del transcriptoma de ostras rizadas realizados tanto en episodios de mortalidad en el campo (Jouaux y col., 2013; Rosani y col., 2015), como tras infección experimental con OsHV-1 μ Var (He y col., 2015), han revelado una respuesta antiviral potente y compleja. Normand y col. (2014) propusieron el gen inhibidor 2 de NF- κ B (I κ B2) para su uso como marcador de resistencia en programas de selección genética, tras examinar la expresión de 17 genes candidatos en infecciones de campo y experimental en laboratorio. A su vez, la expresión génica del virus en el proceso de infección también es objeto de estudio (Segarra y col., 2014a, 2014b; Rosani y col. 2015), habiéndose constatado la expresión de genes inhibidores de apoptosis por parte del virus que contrarrestan la reacción de la ostra (Green y col. 2015a); la capacidad del virus para bloquear la ruta de la apoptosis hace que la expresión de genes de la ruta del interferón así como otras vías sean cruciales para bloquear la replicación viral (Green y col. 2015a). La revisión de Green y col. (2015b) de la inmunidad antiviral de los moluscos proporciona una visión amplia de esta materia.



La infección por OsHV-1 μ Var provoca en la semilla de ostra rizada una disminución de las reservas (carbohidratos y triglicéridos) así como caída de los niveles de esterol y proteínas (Tamayo y col., 2014). Mediante un enfoque proteómico, se comprobó que causa desorganización del citoesqueleto, desregulación de la renovación proteica, señales de estrés, desregulación del metabolismo esteroideo y efecto Warburg (Corporeau y col., 2014).

Gestión sanitaria.

Ante la mortalidad masiva de semilla de ostra rizada a partir de 2008 en Francia, muchos ostricultores incrementaron la cantidad inicial de semilla a engordar pensando que así aumentarían la cosecha de individuos de tamaño comercial pero con esta práctica contribuyeron a degradar la calidad ambiental y favorecieron la propagación de OsHV-1 μ Var y otros patógenos. Bien al contrario, ante crisis epidémicas de esta naturaleza es muy importante implementar medidas eficaces de gestión sanitaria. Los objetivos de la gestión sanitaria ante una enfermedad contagiosa han de ser (1) impedir que la enfermedad se propague a zonas libres de la misma y (2) minimizar sus efectos en las zonas afectadas, bien mediante su erradicación bien con medidas eficaces aun en presencia del agente etiológico. Para evitar la propagación de OsHV-1 μ Var a zonas libres es necesario conocer todas las posibles vías de transmisión, identificar todas las áreas afectadas e impedir la entrada en las zonas libres de

ostras infectadas y de cualquier otro elemento portador del virus procedentes de áreas afectadas, estableciendo planes adecuados de protección de las zonas libres (Department of Agriculture, 2015). Cualquier intento de erradicación de OsHV-1 μ Var de una zona afectada cuenta con escasas posibilidades de éxito a no ser que se trate de un foco en un sistema semicerrado, como por ejemplo un criadero o una depuradora, o un foco muy bien localizado en un área donde no hay cerca individuos de especies susceptibles (Department of Agriculture, 2015). Por tanto, en las zonas afectadas, los esfuerzos se han concentrado básicamente en implementar medidas para minimizar los efectos de la enfermedad aun en presencia de OsHV-1 μ Var.

Es recomendable comenzar el engorde con semilla libre de este virus. Producir semilla libre de virus en criaderos (*hatcheries*) y semilleros (*nurseries*) localizados en áreas afectadas requiere eliminar el virus del agua que se va a utilizar en las instalaciones, además de extremar las condiciones de higiene para no introducir el virus. En los criaderos, el agua se filtra y esteriliza, con frecuencia combinando procedimientos de pasteurización y radiación UV; si el volumen de agua a utilizar es tan grande que hace inviables (o no rentables) tales procedimientos, como ocurre en algunos semilleros, el envejecimiento del agua antes de entrar en las instalaciones durante 48 h, en reservorios someros expuestos a la luz del sol, y la filtración por 5 μ m, pueden ser muy



útiles por el efecto destructor de la radiación UV de la luz solar sobre el virus, la decantación de las partículas que son vehículo del virus y la eliminación de las partículas no decantadas mediante la filtración (Whittington y col., 2015). Para minimizar la mortalidad de la semilla durante el engorde en zonas afectadas por OsHV-1 μ Var se han propuesto procedimientos más o menos locales que tienen en cuenta los factores de riesgo que favorecen la infección, en particular la temperatura y el tamaño y edad de las ostras (Petton y col. 2015a). Sin embargo, el uso de estirpes resistentes de ostra rizada obtenidos mediante programas de selección genética es la estrategia con mayor garantía de supervivencia alta en presencia de OsHV-1 μ Var (revisado por Dégremont y col., 2015a). Linajes de ostra rizada obtenidos en programas de selección genética de resistencia frente a la mortandad estival, con un diseño basado en familias, previos a la crisis del 2008, se mostraron menos susceptibles a OsHV1- μ Var que los controles no seleccionados (Dégremont y col., 2013). Incluso mediante un procedimiento menos sofisticado, cual es la selección “masal”, ya en la cuarta generación de selección las ostras seleccionadas registraron un 69% de supervivencia frente a sólo un 7% de las no seleccionadas (Dégremont y col., 2015b). No obstante, los programas de selección genética necesitan refinarse, pues habiéndose demostrado su éxito en la etapa de semilla para resistir la infección por OsHV-1 μ Var, recientemente se ha observado que las estirpes resistentes a este virus

son más susceptibles en su segundo año de vida a la infección por *V. aestuarianus* que las ostras no seleccionadas (Azéma y col., 2015). En la costa oeste de EE. UU., se vienen utilizando con éxito, desde hace más de 40 años, programas de selección genética para combatir la mortandad estival de *C. gigas* (Beattie y col., 1980). Por otro lado, el reciente hallazgo de que el tratamiento de reproductores con ARN de cadena doble (*poly I:C*) protege a la descendencia del virus OsHV-1 μ Var, aun tratándose de resultados preliminares, abre una nueva vía para reducir la mortalidad en cultivo; los costes inherentes a su implantación a nivel industrial serían bajos, ya que el tratamiento de unas pocas ostras adultas produciría millones de larvas con protección mejorada (Green y col. 2016b).

3. LA MORTANDAD ESTIVAL DE LA OSTRA RIZADA EN GALICIA

En un estudio amplio de campo sobre la viabilidad del engorde de la ostra rizada en Galicia, desarrollado entre 2004 y 2005, se había constatado un rendimiento productivo muy satisfactorio, con crecimiento rápido en comparación con latitudes más septentrionales y una alta supervivencia, en torno al 85% (Iglesias y col., 2005). Incluso en los análisis histológicos de ostras recogidas entre 2005 y 2009 para evaluar patógenos y condiciones patológicas no



se había detectado ninguna amenaza patológica seria (Iglesias y col., 2012). En definitiva, estos estudios propiciaban una perspectiva de futuro esperanzadora y optimista para el engorde de la ostra rizada en Galicia. No obstante, dado que el engorde de ostra rizada en Galicia dependía mayoritariamente de la importación de semilla francesa y que la mortandad estival masiva de semilla, experimentada en Francia desde el 2008, se estaba extendiendo a otros países importadores de semilla francesa, consideramos muy probable que ese gravísimo problema acabase llegando a Galicia, por lo que en 2010 decidimos abordar esta cuestión, evaluando en qué medida este problema afectaba a Galicia.

Evaluación de la mortalidad estival de semilla de la ostra rizada en Galicia y su asociación con OsHV-1 μ Var.

En una primera etapa, con dos experimentos de campo sucesivos, nos propusimos evaluar la dimensión de la mortandad estival de semilla de la ostra rizada en Galicia y su asociación con OsHV-1 μ Var, para lo que realizamos un seguimiento del engorde de cohortes de semilla de ostra rizada de varios orígenes, con inicio hacia el final de la primavera o comienzo del verano, estimando periódicamente su crecimiento, su supervivencia y la prevalencia de la infección por OsHV-1 μ Var. En el primer experimento, el seguimiento del engorde de semilla de ostra se realizó en sendas bateas de dos polígonos de cultivo de la ría de Arousa, Grove A y Cambados D (Fig. 2),

utilizando 4 cohortes distintas de semilla de ostra. Un lote de ostra rizada procedente de Francia se introdujo el 3 de mayo de 2012 en la batea de Grove A y una parte de ese mismo lote se transfirió de Grove A a la batea de Cambados D el 31 de mayo de 2012. Además, el 11 de julio de 2012, un lote de ostra rizada procedente de un criadero español, otro lote de ostra rizada procedente de ese mismo criadero, que se había preengordado en un semillero flotante en el puerto de O Grove, y un lote de ostra plana procedente de otro criadero español se dispusieron en la batea del polígono Grove A.

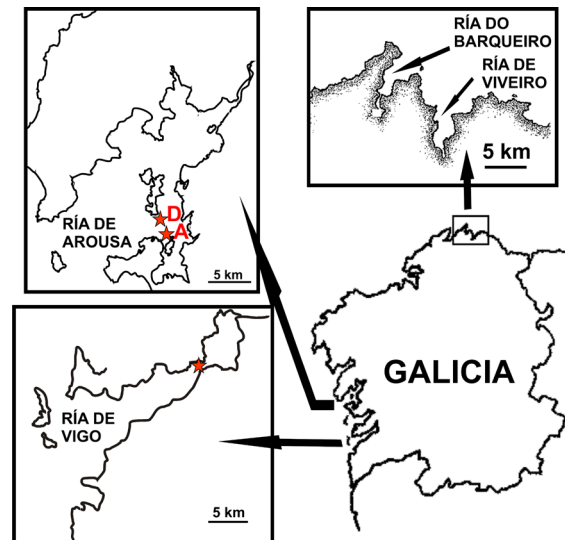


Figura 2. Mapas con la localización de los polígonos de bateas (*) en los que se llevaron a cabo los experimentos de campo, Grove A (A) y Cambados D (D) en la ría de Arousa y Redondela A en la ría de Vigo, y de las rías de Viveiro y O Barqueiro, donde hay bancos de ostra rizada asilvestrada.



El crecimiento de los lotes de semilla de ostra rizada fue similar independientemente del polígono de cultivo, salvo en el caso del lote del criadero (Fig. 3). La semilla de ostra plana creció más lentamente que la ostra rizada. En la semilla procedente de Francia la mortalidad fue muy alta en los tres primeros meses en ambas bateas, O Grove y Cambados, superando el 80%; a partir de ese momento la tasa de mortalidad se redujo marcadamente y la mortalidad acumulada se estabilizó en torno al 85% (Fig. 4). En el lote recogido en el criadero gallego, la mortalidad fue extremadamente alta, registrándose el 97% tras 22 días desde su emplazamiento en batea. En el caso de la semilla preengordada en el semillero

flotante la mortalidad registrada tras los primeros 22 días fue del 26%, semejante a la de la semilla francesa en su primer mes; sin embargo, la tasa de mortalidad fue disminuyendo desde entonces y al cabo de 3 meses se hizo insignificante, cuando la mortalidad acumulada estaba justo por debajo del 50%. Probablemente esta cohorte ya había sufrido mortalidad en el semillero, eliminándose los individuos más susceptibles, y, quizás, su mayor edad y tamaño contribuyó a una menor mortalidad en la batea. En el caso de la ostra plana, la mortalidad fue casi insignificante durante 9 meses, no hubo mortalidad juvenil, pero hacia la mitad de la primavera de 2013 la mortalidad se incrementó notablemente, superándose el 80% de mortalidad acumulada 6 meses después.

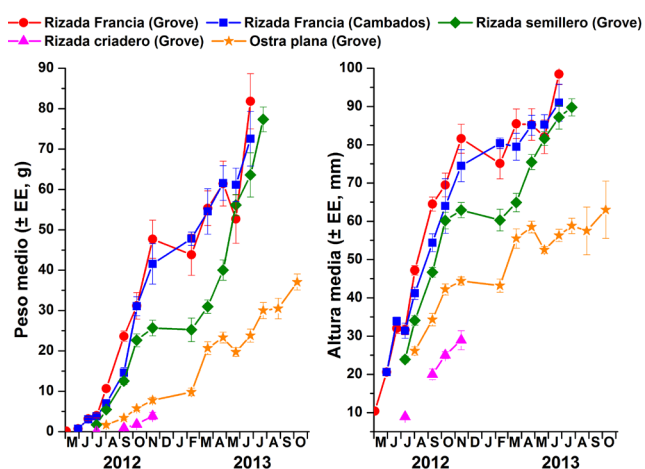


Figura 3. Evolución mensual del peso medio (\pm error estándar) y de la altura media (\pm error estándar) de cada lote de semilla de ostra rizada y un lote de ostra plana durante el engorde en la ría de Arousa (experimento 1°).

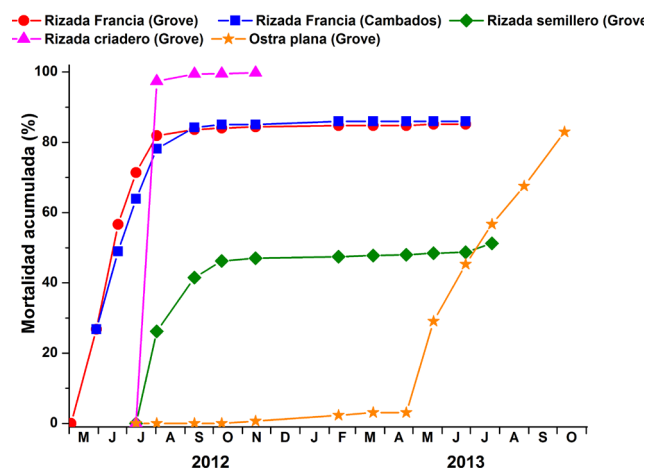


Figura 4. Evolución mensual de la mortalidad acumulada (%) de cada lote de semilla de ostra rizada y un lote de ostra plana durante el engorde en la ría de Arousa (experimento 1°).



La prevalencia del OsHV-1 μ Var se analizó mensualmente en todos los lotes de ostra mediante PCR, siguiendo el protocolo establecido en el Reglamento (UE) n° 175/2010 de la Unión Europea (Fig. 5). Todos los ejemplares de la muestra inicial de semilla de Francia, antes de su emplazamiento en batea, mostraron resultados negativos para OsHV-1 μ Var; sin embargo, en la muestra del 30 de mayo un 97% de los individuos fueron positivos. ¿Qué pasó? El virus OsHV-1 μ Var ya estaba presente en otras ostras de esta batea y, muy probablemente, infectó a las ostras francesas poco después de su introducción; ese pico inicial de casos positivos por PCR coincidió con la elevada mortalidad inicial. Desde entonces

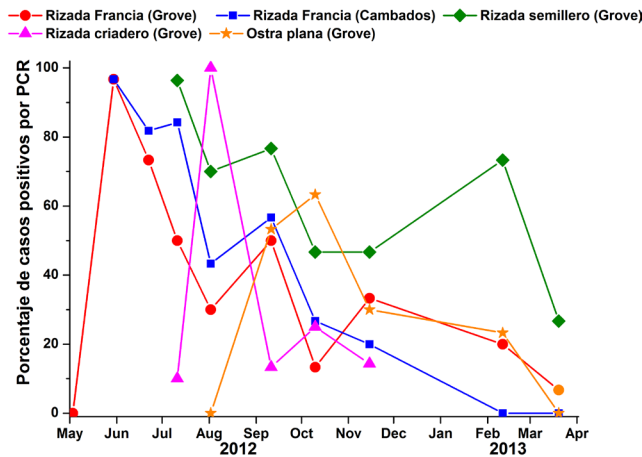


Figura 5. Evolución mensual del porcentaje de casos positivos por PCR para OsHV-1 μ Var en cada lote de semilla de ostra rizada y en un lote de ostra plana durante el engorde en la ría de Arousa (experimento 1º).

el porcentaje de casos positivos disminuyó en ambas bateas. En la muestra inicial de la semilla procedente del criadero gallego, antes de su emplazamiento en batea, el porcentaje de casos positivos de OsHV-1 μ Var fue del 10%, es decir que algunas ostras ya venían infectadas del criadero; transcurridos 22 días desde la introducción, el 100% de las ostras eran positivas por PCR, lo que es coherente con la mortalidad extremadamente alta en ese periodo inicial. El porcentaje de casos positivos disminuyó en los meses siguientes en los pocos supervivientes que quedaron. En el lote preengordado en el semillero flotante, el 96% de los individuos resultaron positivos antes del emplazamiento en batea; en los meses siguientes el porcentaje disminuyó. Por tanto, en cada lote de semilla de ostra rizada, tras un máximo temprano de prevalencia del virus, a medida que la semilla infectada iba muriendo, la prevalencia disminuía entre los supervivientes. En el caso de la ostra plana también se detectaron casos positivos por PCR, incluso hubo registros superiores al 60%, pero la mortalidad fue insignificante en esos meses. La causa de la mortalidad de ostra plana registrada en los últimos meses tuvo que ser distinta a la infección viral y probablemente se debió a bonamiosis.

En conclusión, en este primer experimento se constató una mortandad masiva de semilla de ostra rizada en el periodo estival, justo al comenzar el engorde, asociada a la infección por OsHV-1 μ Var, en los dos polígonos de la ría de Arousa

en que se desarrolló el experimento. La presencia del virus en la zona de engorde hace que incluso la semilla de ostra rizada libre de OsHV-1 se contagie rápidamente. La mortalidad en la etapa adulta entre los supervivientes del fenómeno de mortandad masiva de semilla fue despreciable.

La detección frecuente de casos positivos de OsHV-1 μ Var en ostras rizadas de tamaño grande, supervivientes tras el pico de mortalidad, sugiere que, aun tolerando la infección, las ostras adultas podrían ser foco de infección. La ostra plana es tolerante o resistente al OsHV-1 μ Var, pero su papel como reservorio no se debe desdeñar.

El segundo experimento supuso el seguimiento de los primeros meses de engorde (periodo verano-otoño) de un lote de semilla de ostra rizada producido en el mismo criadero que en el experimento anterior. En este caso el lote de semilla se repartió en dos bateas, la misma batea del polígono Grove A (ría de Arousa) y otra batea del polígono Redondela A, en la ría de Vigo (Fig. 2). El crecimiento fue algo más rápido en el polígono Redondela A, aunque no se pueden extraer conclusiones sólidas con un periodo tan corto de engorde (Fig. 6). La mortalidad superó el 80% incluso antes de cumplirse un mes de engorde en la batea de Grove A, mientras que en Redondela A la mortalidad fue despreciable en el periodo de estudio (Fig. 7). Los análisis diagnósticos mostraron que la semilla estaba libre del virus antes de su introducción en las

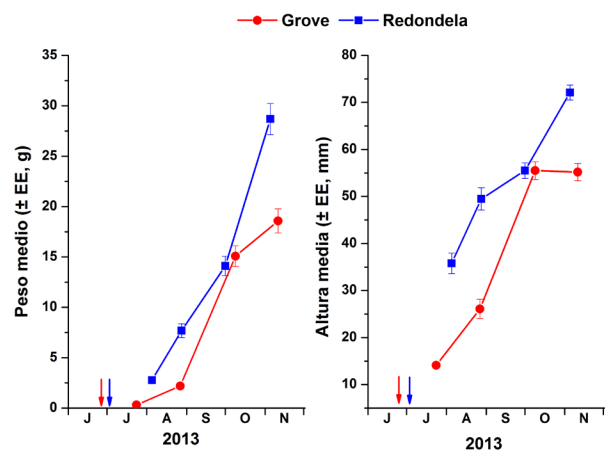


Figura 6. Evolución mensual del peso medio (\pm error estándar) y de la altura media (\pm error estándar) de un lote de semilla de ostra rizada distribuido para su engorde en una batea del Polígono Grove A (ría de Arousa) y una batea del polígono Redondela A (ría de Vigo), en el 2º experimento. Las flechas indican la fecha de inicio del engorde en batea.; lamentablemente no se hizo ninguna estimación de talla ni peso en el momento del traslado de la semilla a batea.

bateas; no se detectó ningún caso positivo en las muestras recogidas en Redondela A mientras que se sí detectaron e Grove A (Fig. 8), lo que da soporte a la hipótesis de una asociación entre la mortalidad elevada de la semilla de ostra rizada y la infección por OsHV-1 μ Var, que se habría adquirido rápidamente al introducir la semilla en una zona afectada por este virus.

Desde el año 2012, al menos una vez al año realizamos análisis diagnósticos de muestras de dos bancos de ostra rizada naturalizada, localizados en la ría do Barqueiro y en la de



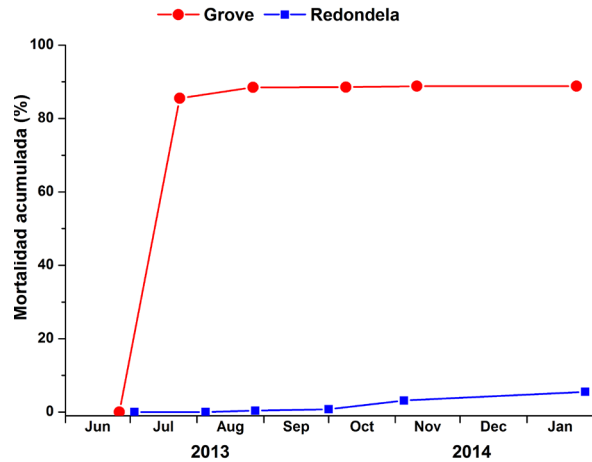


Figura 7. Evolución mensual de la mortalidad acumulada (%) de un lote de semilla de ostra rizada distribuido para su engorde en una batea del Polígono Grove A (ría de Arousa) y una batea del polígono Redondela A (ría de Vigo), en el 2º experimento.

Viveiro (Fig. 2), no habiéndose detectado ningún caso positivo por OsHV-1 μ Var. Tampoco nos han llegado noticias de mortalidad anormalmente alta en dichos bancos.

Evaluación de la eficacia de modificaciones del protocolo de cultivo para minimizar la mortandad masiva estival de ostra rizada en Galicia.

Una vez constatamos la magnitud de la mortandad estival de la semilla de ostra rizada en la ría de Arousa, en torno al final de 2013 nos planteamos buscar vías para minimizar las pérdidas del engorde de ostra rizada mediante un

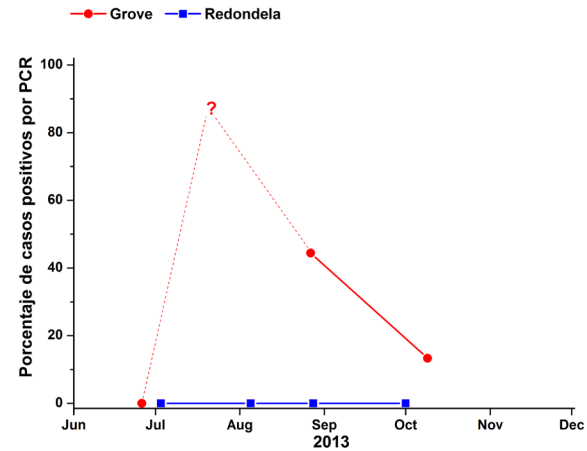


Figura 8. Evolución mensual del porcentaje de casos positivos por PCR para OsHV-1 μ Var en un lote de semilla de ostra rizada distribuido para su engorde en una batea del Polígono Grove A (ría de Arousa) y una batea del polígono Redondela A (ría de Vigo), en el 2º experimento. El signo de interrogación denota que, en esa fecha, la muestra de semilla recogida estaba integrada por conchas vacías por lo que no se pudo utilizar para diagnóstico.

nuevo proyecto de investigación. Poco antes, en otros países afectados por este problema se había demostrado que la mortalidad de la semilla de ostra rizada es desdeñable por debajo de un umbral de temperatura (16 °C) (Petton y col., 2013) y que a partir de un tamaño no bien determinado las ostras devienen resistentes a la enfermedad (Dégremont, 2013). De acuerdo con esta información, nos planteamos evaluar la hipótesis de que no habría mortalidad en las áreas afectadas por la enfermedad si las ostras tuviesen tamaño suficiente para ser resistentes en los meses del



año en que la temperatura del agua supera 16 °C. Para evitar la mortalidad de la ostra cuando todavía no ha alcanzado el tamaño de resistencia nos planteamos realizar el preengorde hasta ese tamaño (1) bien en una zona libre del virus (2) bien en las propias zonas afectadas durante el periodo de temperatura inferior a 16 °C. De acuerdo con este planteamiento, se desarrollaron dos nuevos experimentos de campo sucesivos, referidos aquí como tercero y cuarto.

En el tercer experimento se utilizó un lote de semilla (talla media 9,4±1,41 mm; peso medio 0,13±0,031 g), libre del virus, producida en el criadero de la empresa Remagro SA a partir de reproductores recogidos de la población naturalizada de la costa de Lugo. En marzo de 2014, el lote de semilla se transfirió a la batea del polígono Redondela A (ría de Vigo) donde no se había detectado OsHV-1 μ Var en el estudio previo. En junio de 2014, cuando la temperatura superó los 16 °C todo el lote de semilla (talla media 47,9±7,98 mm; peso medio 8,17±2,462 g) se repartió para su engorde definitivo en bateas de áreas afectadas por el virus (2 bateas en el polígono Grove A y 2 bateas en el polígono Cambados D, 1400 ostras por batea). Además, para confirmar que las bateas de engorde se localizaban en áreas afectadas por OsHV-1 μ Var, otro lote de semilla más pequeña (talla media 9,2±3,32 mm; peso medio 0,14±0,028 g), muy susceptible al virus por su tamaño, que se había mantenido en el criadero y de la misma cohorte que el lote previo, se

repartió en esas 4 bateas y 2 bateas más (en total, 3 bateas en el polígono Grove A y 3 bateas en el polígono Cambados D, 1600 ostras por batea). El cuarto experimento, cuyo inicio dependía de que la temperatura del agua fuese inferior a 16 °C, no pudo comenzar hasta diciembre de 2014 pues previamente la temperatura fue anormalmente alta. Un lote de semilla de ostra rizada (talla media: 15,5±2,05 mm; peso medio 0,46±0,142 g), muy susceptible al virus por su tamaño y mantenido en el mismo criadero y de la misma cohorte que los lotes previos, se repartió en dos bateas en las que se había registrado mortalidad elevada de los lotes previos, una en el polígono Grove A y otra en Cambados D. Mensualmente se estimó la tasa de mortalidad, el crecimiento en peso y talla y la prevalencia de la infección por OsHV-1 μ Var en todos los lotes de ostra rizada, a lo largo del proceso de engorde en cada batea.

En el tercer experimento, la mortalidad acumulada durante el preengorde en la batea de Redondela A fue despreciable (1%) y no se detectó infección por OsHV-1 μ Var. Sin embargo, una vez concluido el preengorde, al poco tiempo detransferir ese lote a las bateas de la ría de Arousa, sufrió una mortalidad alta en todas ellas (41%-64%, dependiendo de la batea); tras ese pico, la mortalidad se redujo notablemente de forma que la mortalidad acumulada se estabilizó en torno al 70% (*Fig. 9*). En el caso del lote no preengordado en la ría de Vigo, la mortalidad se disparó en 5 bateas en momentos diferentes:



en el primer mes (Cambados D2), en el segundo mes (Cambados D1, Cambados y Grove A2) y en el cuarto mes (Grove A1), reduciéndose notablemente tras el pico inicial, con valores de mortalidad acumulada entre 70% y 80% tras finalizar el engorde en esas 5 bateas (Fig. 9). Sin embargo, en la batea Grove A3 la mortalidad del lote de ostra rizada no preengordado en la ría de Vigo siguió un patrón diferente, sin pico inicial y con un aumento progresivo sin tendencia a la

estabilización (Fig. 9). En el cuarto experimento la mortalidad fue insignificante hasta el mes de mayo de 2015, mientras la temperatura fue inferior a 16 °C, en las dos bateas usadas, pero se disparó a finales de este mes, justo cuando la temperatura superó el umbral mencionado. A partir de ese momento la mortalidad se redujo notablemente de forma que la mortalidad acumulada se estabilizó en torno al 60% y al 50%, dependiendo de la batea (Fig. 9).

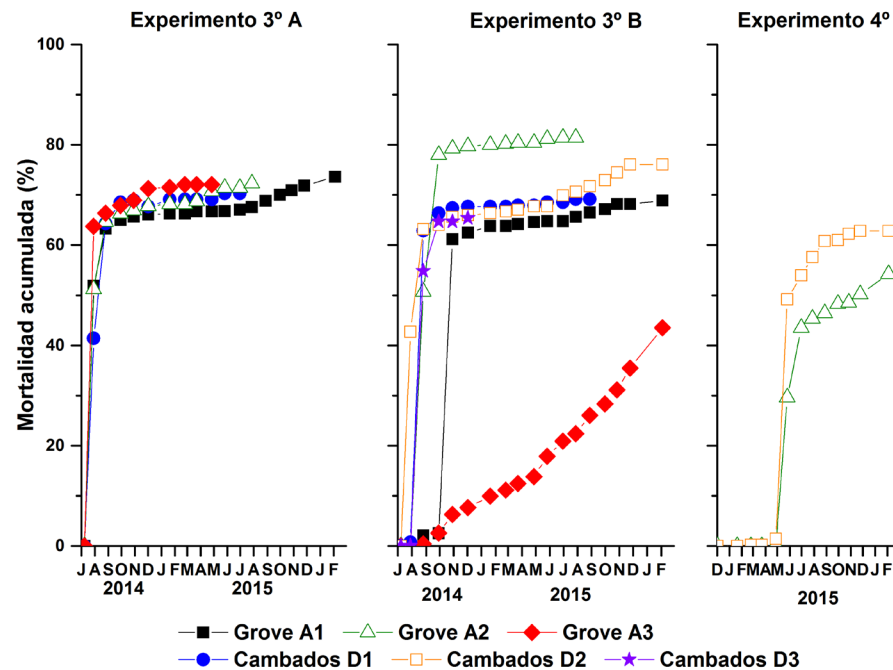


Figura 9. Evolución mensual de la mortalidad acumulada de los lotes de ostra rizada correspondientes al tercer experimento, con preengorde en la ría de Vigo (3° A) y sin preengorde en dicha ría (3° B), y al cuarto experimento, durante el engorde en cada batea de la ría de Arousa.



La evolución de la mortalidad acumulada en todos los lotes de semilla fue congruente con la detección o no detección de OsHV-1 μ Var en las muestras (Fig. 10). En el tercer experimento la mortalidad se disparó coincidiendo con la detección del virus, mientras que en el único lote en que no se detectó el virus en todo el estudio (lote sin preengorde en la ría de Vigo, engordado en la batea Grove A3) el patrón de evolución de la mortalidad fue diferente al resto, sin picos (Fig. 10). En el cuarto

experimento, el pico de mortalidad coincidió con el pico de prevalencia del virus (Fig. 10). No se detectó ninguna anomalía en el crecimiento durante el engorde en la ría de Arousa en ninguno de los lotes (Fig. 11).

En conclusión, las modificaciones del protocolo de cultivo evaluadas con los experimentos 3º y 4º no son eficaces para solventar la mortandad masiva estival de la semilla de ostra rizada en

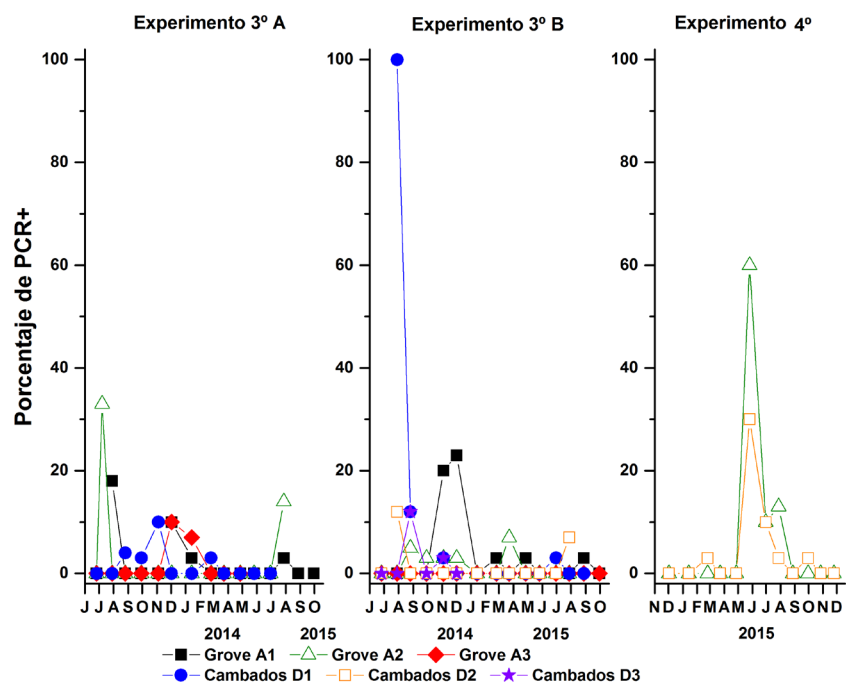


Figura 10. Evolución mensual del porcentaje de ostras con diagnóstico positivo por PCR para OsHV-1 μ var en los lotes de ostra rizada correspondientes al tercer experimento, con preengorde en la ría de Vigo (3º A) y sin preengorde en dicha ría (3º B), y al cuarto experimento, durante el engorde en cada batea de la ría de Arousa.



Galicia. Se confirmó la asociación de mortalidad alta de semilla de ostra rizada con la infección por OsHV-1 μ Var en la ría de Arousa, así como la ausencia de mortalidad de la semilla en las zonas afectadas, cuando la temperatura del agua es inferior a 16 °C. El tamaño de resistencia ha de ser sensiblemente superior al alcanzado por las ostras del tercer experimento en su preengorde en la ría de Vigo. En la ría de Arousa, la duración del periodo con temperatura del agua inferior a 16 °C no es suficiente para que la semilla de ostra rizada de criadero alcance un tamaño que garantice la resistencia a la infección por OsHV-1 μ Var. La infección por OsHV-1 μ Var estaba extendida ampliamente en los polígonos Grove A y Cambados D de la ría de Arousa pero seguía sin detectarse en el polígono Redondela A de la ría de Vigo. Este polígono parece muy favorable para engordar ostra rizada y deberían extremarse las precauciones para evitar la introducción de moluscos infectados por OsHV-1 μ Var.

Conviene precisar que, aun habiéndose detectado asociación de la infección por OsHV-1 μ Var con la mortandad masiva estival de la semilla de ostra rizada en la ría de Arousa, el diseño experimental no ha permitido evaluar si se trata o no de una relación estricta causa-efecto. El papel de bacterias del género *Vibrio* en la mortalidad no se abordó pues, al diseñar los experimentos, el énfasis de la comunidad científica recaía sobre la infección por OsHV-1 μ Var, siendo reciente la atribución de un mayor protagonismo a determinadas cepas

bacterianas en combinación con el OsHV-1 μ Var (Petton y col., 2015b). En la medida de lo posible, utilizaremos las muestras almacenadas derivadas de estos experimentos para profundizar en la evaluación de la implicación de bacterias patógenas.

Perspectivas de futuro para el engorde de la ostra rizada en Galicia.

Nuestros estudios realizados en Galicia muestran un grave problema, la mortandad masiva estival de la semilla de ostra rizada, que constriñe severamente el engorde de la ostra rizada en la ría de Arousa. Empero, esto no significa que el engorde de ostra rizada en Galicia con supervivencia elevada sea imposible; bien al contrario, hay vías para su desarrollo. La mortandad estival masiva de semilla de ostra rizada es un fenómeno importado a los dos polígonos de engorde de ostra de la ría de Arousa mediante la introducción de semilla de ostra rizada de Francia. Sin embargo, no lo hemos detectado en el periodo de estudio ni en el polígono de engorde de ostra de la ría de Vigo ni en los bancos naturalizados de ostra rizada de la costa de Lugo. Se trata, por tanto, de un problema que afecta a áreas concretas, de forma que el engorde con supervivencia alta se puede realizar en áreas no afectadas, tanto las ya catalogadas para este fin como otras que se pudieren considerar viables por la Administración.

Obviamente, sería crucial evitar la introducción de ostras de zonas afectadas en las zonas libres



del problema, implementando un plan específico. Para acabar con la dependencia del suministro de semilla de origen foráneo, con el riesgo

sanitario que conlleva, sería aconsejable, incluso indispensable, la producción de semilla de criadero en Galicia. Los bancos naturalizados del

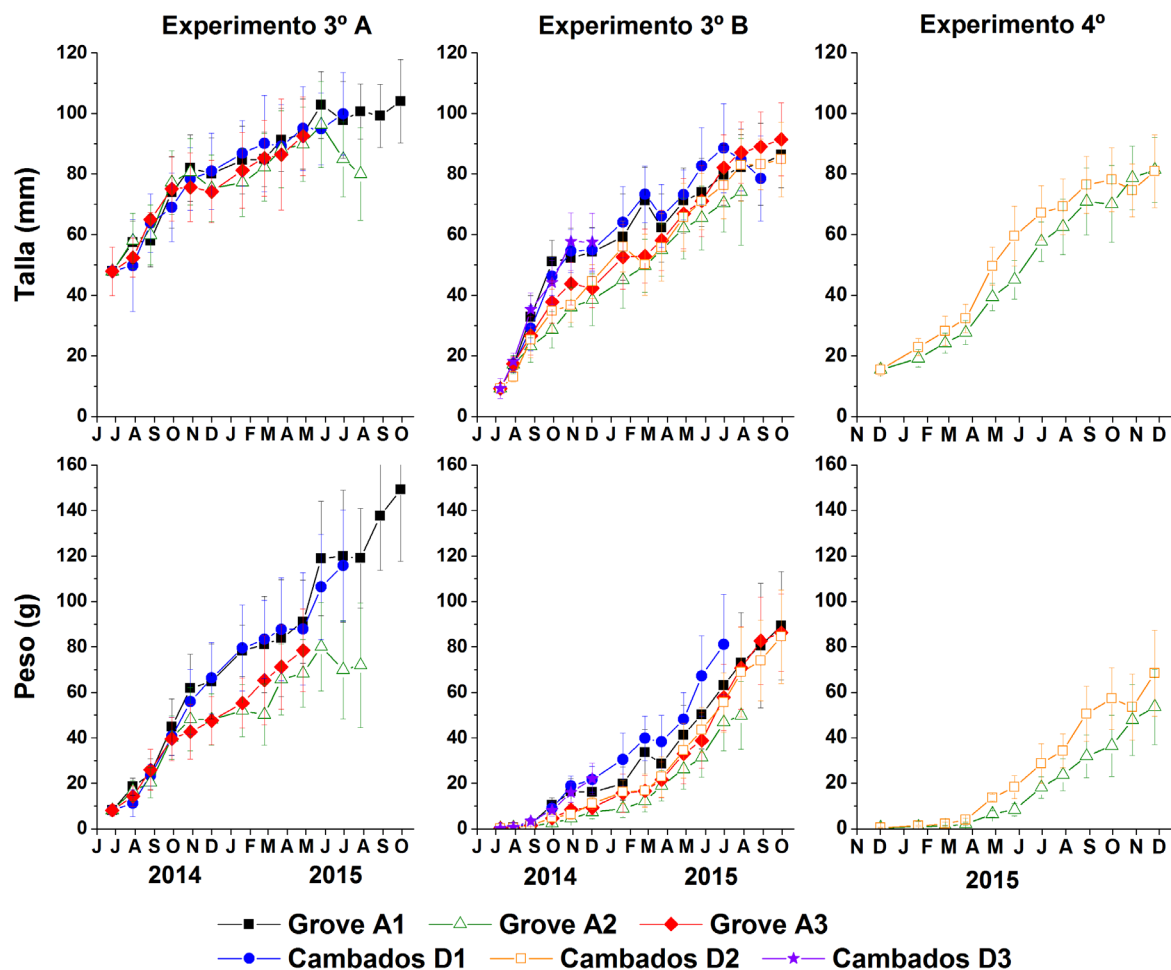


Figura 11. Evolución del crecimiento en talla y peso de los lotes de ostra rizada correspondientes al tercer experimento, con preengorde en la ría de Vigo (3º A) y sin preengorde en dicha ría (3º B), y al cuarto experimento, durante el engorde en cada batea de la ría de Arousa.



litoral de Lugo son fuente de reproductores libres de la enfermedad y la optimización de la gestión de estos bancos podría proporcionar semilla de calidad. Finalmente, ¿sería posible minimizar la mortandad estival masiva en los polígonos Grove A y Cambados D3 Como se ha mencionado previamente, los resultados obtenidos a través de programas de selección genética para producir estirpes de ostra rizada resistentes al fenómeno de la mortandad estival muestran de forma rotunda que por esta vía se reduce sustancialmente la mortalidad en las zonas afectadas (Dégremont y col., 2015b, c), lo que se ve favorecido por la heredabilidad alta de esta resistencia (Dégremont y col., 2015a). Teniendo en cuenta que la erradicación efectiva de patógenos de moluscos en el medio marino es muy compleja y con escasa probabilidad de éxito (Villalba y Figueras, 2011; Peeler y Otte, 2016), la implementación de un programa de selección de estirpes de ostra rizada resistentes a la mortandad estival es la estrategia aconsejable para engordar ostra rizada en zonas afectadas por este fenómeno. Algunos ostricultores están consiguiendo supervivencias aceptables en zonas afectadas de la ría de Arousa iniciando el engorde con lotes de semilla que ya ha sido preengordada en el litoral francés, expuesta al OsHV-1 μ Var, de forma que los individuos importados en realidad son supervivientes del enfrentamiento al virus. Incluso es posible que la semilla haya sido producida en criaderos que desarrollan programas de selección genética de resistencia a la mortandad estival. Obviamente,

el precio de esta semilla preengordada en Francia es más alto que el de la semilla recién salida de criadero.

Agradecimientos

Muchas personas han contribuido a la realización de los experimentos de campo. Julio Fernández y Ana Cerviño proporcionaron semilla de ostra rizada producida en el criadero de la empresa REMAGRO, S.A y José M. Fuentes proporcionó semilla de ostra plana producida en el CIMA; Susana Darriba y José L. Pérez (INTECMAR) facilitaron el contacto con ostricultores; los ostricultores Javier Aguín, María Eugenia Alvariña, Anselmo Bugallo, José Carlos Cerqueiro, Dionisio González y Raúl Sineiro permitieron el uso de sus bateas y colaboraron en las tareas de campo; las analistas y auxiliares del CIMA María Brianes, Beatriz Busto, Maribel Meléndez, Elena Penas, Anabel González y las becarias Juana Alonso, Leire Balier, Sol Campañó, Mar González, Alicia Riomayor y Dolores Vilar dieron apoyo técnico. Este estudio se ha financiado con fondos de la Consellería del Mar da Xunta de Galicia y de la Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos (JACUMAR).



Bibliografía

- Abollo, E., y Villalba, A. (2011). Enfermedades causadas por parásitos del grupo Haplosporidia. En: Enfermedades de moluscos bivalvos de interés en acuicultura, A. Figueras y B. Novoa (eds.). Fundación Observatorio Español de Acuicultura, Madrid, España. 283-329 pp.
- Andree, K. B., Carrasco, N., Rodgers, C. J., Roque, A., Gairin, I. y Furones, D. (2014). The apparent disappearance of oyster herpes virus type 1 (OsHV-1) from the Ebro Delta, Spain. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 34: 195-200.
- Aranguren, R., Poisa-Beiro, L., Villalba, A., y Figueras, A. (2011). Marteiliosis en moluscos. En: Enfermedades de moluscos bivalvos de interés en acuicultura, A. Figueras y B. Novoa (eds.). Fundación Observatorio Español de Acuicultura, Madrid, España. 243-282 pp.
- Aranguren, R., Costa, M. M., Novoa, B. y Figueras, A. (2012). Detection of herpesvirus variant (OsHV-1 μ var) in Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in Spain and development of a rapid method for its differential diagnosis. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 32 (1): 24-29.
- Azéma, P., Travers, M. A., De Lorgeril, J., Tourbiez, D. y Dégremont, L. (2015) Can selection for resistance to OsHV-1 infection modify susceptibility to *Vibrio aestuarianus* infection in *Crassostrea gigas*? First insights from experimental challenges using primary and successive exposures. *Veterinary Research*, 46: 139.
- Azéma, P., Travers, M. A., Benabdelmouna, A. y Dégremont, L. (2016). Single or dual experimental infections with *Vibrio aestuarianus* and OsHV-1 in diploid and triploid *Crassostrea gigas* at the spat, juvenile and adult stages. *Journal of Invertebrate Pathology*, 139: 92-101.
- Bai, C., Wang, C., Xia, J., Sun, H, Zhang, S. y Huang, J. (2015). Emerging and endemic types of Ostreid herpesvirus 1 were detected in bivalves in China. *Journal of Invertebrate Pathology*, 124: 98-106.
- Barbosa-Solomieu, V., Miossec, L., Vázquez-Juárez, R., Ascencio-Valle, F. y Renault, T. (2004). Diagnosis of Ostreid herpesvirus 1 in fixed paraffin-embedded archival samples using PCR and *in situ* hybridization. *Journal of Virological Methods*, 119: 65-72.
- Barbosa Solomieu, V., Renault, T. y Travers, M. A. (2015). Mass mortality in bivalves and the intricate case of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 131: 2-10.
- Batista, F., Arzul, I., Pépin, J. F., Ruano, F., Friedman, C. S., Boudry, P. y Renault, T. (2007). Detection of ostreid herpesvirus 1 DNA by PCR in bivalve molluscs: a critical review. *Journal of Virological Methods*, 139: 1-11.
- Batista, F. M., López-Sanmartín, M., Grade, A., Morgado, I., Valente, M., Navas, J. I., Power, D. M. y Ruano, F. (2015). Sequence variation in ostreid herpesvirus 1 microvar isolates detected in dying and asymptomatic *Crassostrea angulata* adults in the Iberian Peninsula: insights into viral origin and spread. *Aquaculture*, 435: 43-51.
- Batista, F. M., López-Sanmartín, M., Boudry, P., Navas, J. I., Ruano, F., Renault, T., Fonseca, V. G. y Leitão, A. (2016). Insights on the association between somatic aneuploidy and ostreid herpesvirus 1 detection in the oysters *Crassostrea gigas*, *C. angulata* and their F1 hybrids. *Aquaculture Research*, 47: 1530-1546.
- Beattie, J. H., Chew, K. K. y Hershberger, W. K. (1980). Differential survival of selected strains of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) during summer mortality. *Proceedings of the National Shellfisheries Association*, 70: 184-189.
- Burge, C. A., Griffin, F. J. y Friedman, C. S. (2006). Mortality and herpesvirus infections of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in Tomales Bay, California, USA. *Diseases of Aquatic Organisms*, 72: 31-43.
- Burge, C. A., Strenge, R. E. y Friedman, C. S. (2011). Detection of the oyster herpesvirus in commercial bivalves in northern California, USA: conventional and quantitative PCR. *Diseases of Aquatic Organisms*, 94: 107-116.



- Cheney, D. P., MacDonald, B. F. y Elston, R. A. (2000). Summer mortality of Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg): initial findings on multiple environmental stressors in Puget Sound, Washington, 1998. *Journal of Shellfish Research*, 19: 353-359.
- Comps, M. y Duthoit, J. L. (1976). Infection virale associée à la “maladie des branchies” de l’huitre portugaise *Crassostrea angulata* Lmk. *Comptes Rendus à l’Académie des Sciences, Paris, Série D*, 283: 1595-1596.
- Comps, M., Bonami, J. R., Vago, C. y Campillo, A. (1976). Une virose de l’huitre portugaise (*Crassostrea angulata*). *Comptes Rendus à l’Académie des Sciences, Paris, Série D*, 282: 1991- 1993.
- Cochennec-Laureau, N. y Baud, J. P. (2011). Bilan des surmortalités des huîtres creuses *Crassostrea gigas* depuis 2008. *Bulletin Épidémiologique, Santé Animale et Alimentation*, 42: 2-5.
- Corbeil, S., Faury, N., Segarra, A. y Renault, T. (2015). Development of an in situ hybridization assay for the detection of ostreid herpesvirus type 1 mRNAs in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Journal of Virological Methods*, 211: 43-50.
- Corporeau, C., Tamayo, D., Pernet, F., Quéré, C. y Madec, S. (2014). Proteomic signatures of the oyster metabolic response to herpesvirus OsHV-1 μ Var infection. *Journal of Proteomics*, 109: 176-187.
- Davison, A. J., Trus, B. L., Cheng, N., Steven, A. C., Watson, M. S., Cunningham, C., Le Deuff, R. M. y Renault, T. (2005). A novel class of herpesvirus with bivalve hosts. *Journal of General Virology*, 86: 41-53.
- de Kantzow, M., Hick, P., Becker, J. A. y Whittington, R. J. (2016). Effect of water temperature on mortality of Pacific oysters *Crassostrea gigas* associated with microvariant ostreid herpesvirus 1 (OsHV-1 μ Var). *Aquaculture Environment Interactions*, 8: 419-428.
- Dégremont, L. (2013) Size and genotype affect resistance to mortality caused by OsHV-1 in *Crassostrea gigas*. *Aquaculture*, 416-417: 129-134.
- Dégremont, L., Guyader, T., Tourbiez, D. y Pépin, J. F. (2013). Is horizontal transmission of the Ostreid herpesvirus OsHV-1 in *Crassostrea gigas* affected by unselected or selected survival status in adults to juveniles? *Aquaculture*, 408-409: 51-57.
- Dégremont, L., Lamy, J. B., Pépin, J. F., Travers, M. A. y Renault, T. (2015a). New insight for the genetic evaluation of resistance to ostreid herpesvirus infection, a worldwide disease, in *Crassostrea gigas*. *Plos One*, 10 (6): e0127917.
- Dégremont, L., Garcia, C. y Allen, S. K. (2015b). Genetic improvement for disease resistance in oysters: a review. *Journal of Invertebrate Pathology*, 131: 226-241.
- Dégremont, L., Nourry, M. y Maurouard, E. (2015c). Mass selection for survival and resistance to OsHV-1 infection in *Crassostrea gigas* spat in field conditions: response to selection after four generations. *Aquaculture*, 446: 111-121.
- Dégremont, L., Ledu, C., Maurouard, E., Nourry, M. y Benabdelmouna, A. (2016). Effect of ploidy on the mortality of *Crassostrea gigas* spat caused by OsHV-1 in France using unselected and selected OsHV-1 resistant oysters. *Aquaculture Research*, 47: 777-786.
- Department of Agriculture. (2015). AQUAVETPLAN Disease Strategy: infection with ostreid herpesvirus-1 microvariant (Version [1]). Australian Aquatic Veterinary Emergency Plan (AQUAVETPLAN). Australian Government Department of Agriculture, Canberra, Australia.
- Domenghetti, S., Varotto, L., Civettini, M., Rosani, U., Stauder, M., Pretto, T., Pezzati, E., Arcangeli, G., Turolla, E., Pallavicini, A. y Venier P (2014). Mortality occurrence and pathogen detection in *Crassostrea gigas* and *Mytilus galloprovincialis* close-growing in shallow waters (Goro lagoon, Italy). *Fish and Shellfish Immunology*, 41: 37-44.
- Elston, R. A., Beattie, J. H., Friedman, C., Hedrick, R. y Kent, M. L. (1987). Pathology and significance of fatal inflammatory bacteraemia in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* Thunberg. *Journal of Fish Diseases*, 10: 121-132.
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (2010). Scientific opinion on the increased mortality events in Pacific oysters, *Crassostrea gigas*. *EFSA Journal*, 8 (11): 1894-1954.



- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (2015). Scientific opinion on oyster mortality. *EFSA Journal*, 13 (6): 4122-4181.
- Farley, C. A., Banfield, W. G., Kasnic, G. Jr. y Foster W. S. (1972). Oyster herpes-type virus. *Science*, 178: 759-760.
- Friedman, C. S., Beaman, B. L., Chun, J., Goodfellow, M., Gee, A. y Hedrick, R. P. (1998). *Nocardia crassostreae* sp. nov., the causal agent of nocardiosis in Pacific oysters. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 48: 237-246.
- Friedman, C. S., Estes, R. M., Stokes, N. A., Burge, C. A., Hargove, J. S., Barber, B. J., Elston, R. A., Burreson, E. M. y Reece, K. S. (2005). Herpes virus in juvenile Pacific oysters *Crassostrea gigas* from Tomales Bay, California, coincides with summer mortality episodes. *Diseases of Aquatic Organisms*, 63: 33-41.
- Fuhrmann, M., Petton, B., Quillien, V., Faury, N., Morga, B. y Pernet, F. (2016). Salinity influences disease-induced mortality of the oyster *Crassostrea gigas* and infectivity of the ostreid herpesvirus 1 (OsHV-1). *Aquaculture Environment Interactions*, 8: 543-552.
- Garnier, M., Labreuche, Y., Garcia, C., Robert, M. y Nicolas, J. L. (2007). Evidence for the involvement of pathogenic bacteria in summer mortalities of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Microbial Ecology*, 53: 187-96.
- Gittenberger, A., Voorbergen-Laarman, M. A. y Engelsma, M. Y. (2015). Ostreid herpesvirus OsHV-1 μ Var in Pacific oysters *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793) of the Wadden Sea, a UNESCO world heritage site. *Journal of Fish Diseases*, 39: 105-109.
- Glude, J. B. (1975). A summary report of Pacific coast oyster mortality investigations 1965 to 1972. En: Proceedings of the Third U.S.-Japan Meeting on Aquaculture at Tokyo, October 15-16, 1974. Special Publication of Fishery Agency, Japanese Government and Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory. 1-27 pp.
- Green, T. J. y Montagnani, C. (2013). Poly I:C induces a protective antiviral immune response in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) against subsequent challenge with Ostreid herpesvirus (OsHV-1 μ var). *Fish and Shellfish Immunology*, 35: 382-388.
- Green, T. J., Montagnani, C., Benkendorff, K., Robinson, N. y Speck, P. (2014). Ontogeny and water temperature influences the antiviral response of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Fish and Shellfish Immunology*, 36: 151-157.
- Green, T. J., Rolland, J. L., Vergnes, A., Raftos, D. y Montagnani, C. (2015a). OsHV-1 countermeasures to the Pacific oyster's anti-viral response. *Fish and Shellfish Immunology*, 47: 435-443.
- Green, T. J., Raftos, D., Speck, P. y Montagnani, C. (2015b). Antiviral immunity in marine molluscs. *Journal of General Virology*, 96: 2471-2482.
- Green, T. J., Vergnes, A., Montagnani, C. y de Lorgeril J. (2016a). Distinct immune responses of juvenile and adult oysters (*Crassostrea gigas*) to viral and bacterial infections. *Veterinary Research*, 47: 72.
- Green, T. J., Helbig, K., Spack, P. y Raftos D. A. (2016b). Primed for success: oyster parents treated with poly (I:C) produce offspring with enhanced protection against Ostreid herpesvirus type I infection. *Molecular Immunology*, 78: 113-120.
- Grijalva-Chon, J. M., Castro-Longoria, R., Ramos-Paredes, J., Enríquez-Espinoza, T. L. y Mendoza-Cano, F. (2013). Detection of a new OsHV-1 DNA strain in the healthy Pacific oyster, *Crassostrea gigas* Thunberg, from the Gulf of California. *Journal of Fish Diseases*, 36: 965-968.
- He, Y., Jouaux, A., Ford, S. E., Lelong, C., Sourdaire, P., Mathieu, M. y Guo, X. (2015). Transcriptome analysis reveals strong and complex antiviral response in a mollusk. *Fish and Shellfish Immunology* 46: 131-144.
- Hwang, J. Y., Park, J. J., Yu, H. J., Hur, Y. B., Arzul, I., Couraleau, Y. y Park, M. A. (2013). Ostreid herpesvirus 1 infection in farmed Pacific oyster larvae *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Korea. *Journal of Fish Diseases*, 36: 969-972.
- Iglesias, D., Rodríguez, L., Montes, J., Conchas, R. F., Pérez, J. L., Fernández, M. y Guerra, A. (2005). Estudio de viabilidad del cultivo de ostra rizada *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) en diferentes rías gallegas. Primeros resultados biológico-



- productivos. Boletín del Instituto Español de Oceanografía, 21: 293-309.
- Iglesias, D., Rodríguez, L., Gómez, L., Azevedo, C. y Montes, J. (2012). Histological survey of Pacific oysters *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Galicia (NW Spain). Journal of Invertebrate Pathology, 111: 244-251.
- Imai, T., Numachi, K. I., Oizimu, J. y Sato, S. (1965). Studies on the mass mortality of the oyster in Matsushima Bay II: search for the cause of mass mortality and the possibility to prevent it by transplantation experiment. Bulletin of the Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory, 25: 25-38.
- Jenkins, C., Hick, P., Gabor, M., Spiers, Z., Fell, S. A., Gu, X. G., Read, A., Go, J., Dove, M., O'Connor, W., Kirkland, P. D. y Frances, J. (2013). Identification and characterisation of an ostreid herpesvirus-1 microvariant (OsHV-1 μ -var) in *Crassostrea gigas* (Pacific oysters) in Australia. Diseases of Aquatic Organisms, 105: 109-126.
- Jouaux, A., Lafont, M., Blin, J. L., Houssin, M., Mathieu, M. y Lelong, C. (2013). Physiological change under OsHV-1 contamination in Pacific oyster *Crassostrea gigas* through massive mortality events on fields. BMC Genomics, 14: 590.
- Keeling, S. E., Brosnahan, C. L., Williams, R., Gias, E., Hannah, M., Bueno, R., McDonald, W. L. y Johnston, C. (2014). New Zealand juvenile oyster mortality associated with ostreid herpesvirus 1: an opportunistic longitudinal study. Diseases of Aquatic Organisms, 109: 231-239.
- Koganezawa, A. (1975). Present status of studies on the mass mortality of cultured oysters in Japan and its prevention. En: Proceedings of the Third U.S.-Japan Meeting on Aquaculture at Tokyo, October 15-16, 1974. Special Publication of Fishery Agency, Japanese Government and Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory. 29-34 pp.
- Lassudrie, M., Soudant, P., Nicolas, J. L., Fabioux, C., Lambert, C., Miner, P., Le Grand, J. y Hégaret, H. (2015). Interaction between toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* exposure and disease associated with herpesvirus OsHV-1 μ Var in Pacific oyster spat *Crassostrea gigas*. Harmful algae, 45: 53-61.
- Lassudrie, M., Soudant, P., Nicolas, J. L., Miner, P., Le Grand, J., Lambert, C., Le Goïc, N., Hégaret, H. et Fabioux, C. (2016). Exposure to the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* modulates juvenile oyster *Crassostrea gigas* hemocyte variables subjected to different biotic conditions. Fish and Shellfish Immunology, 51: 104-115.
- Le Roux, F., Gay, M., Lanbert, C., Waechter, M., Poubalanne, S., Chollet, B., Nicolas, J. L. y Berthe, F. (2002). Comparative analysis of *Vibrio splendidus*-related strains isolated during *Crassostrea gigas* mortality events. Aquatic Living Resources, 15: 251-258.
- López-Sanmartín, M., Power, D. M., de la Herrán, R., Navas, J. I. y Batista, F. M. (2016a). Experimental infection of European flat oyster *Ostrea edulis* with ostreid herpesvirus 1 microvar (OsHV-1 μ var): mortality, viral load and detection of viral transcripts by in situ hybridization. Virus Research, 217: 55-62.
- López-Sanmartín, M., Power, D. M., de la Herrán, R., Navas, J. I. y Batista, F. M. (2016b). Evidence of vertical transmission of ostreid herpesvirus 1 in the Portuguese oyster *Crassostrea angulata*. Journal of Invertebrate Pathology, 140: 39-41.
- López-Sanmartín, M., López-Fernández, J. R., Cunha, M. E., de la Herrán, R. y Navas, J. I. (2016c). Ostreid herpesvirus in wild oysters from the Huelva coast (SW Spain). Diseases of Aquatic Organisms, 120: 231-240.
- Lynch, S. A., Carlsson, J., Reilly, A. O., Cotter, E. y Cullotly, S. C. (2012). A previously undescribed ostreid herpes virus 1 (OsHV-1) genotype detected in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Ireland. Parasitology, 139: 1526-1532.
- Lynch, S. A., Dillane, E., Carlsson, J. y Cullotly, S. C. (2013). Development and assessment of a sensitive and cost effective polymerase chain reaction to detect ostreid herpesvirus 1 and variants. Journal of Shellfish Research, 32: 657-664.
- Marteil, L. (1969). La maladie des branchies des huîtres portugaises des côtes françaises de l'Atlantique. Données generales sur la maladie des branchies. Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes, 33 (2): 145-150.
- Marteil, L. (1976). La conchyliculture française: 2ème partie biologie de l'huître et de la moule. Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes, 40 (2): 149-346.



- Martenot, C., Oden, E., Travaillé, E., Malas, J. P. y Houssin, M. (2010). Comparison of two real-time PCR methods for detection of ostreid herpesvirus 1 in the Pacific Oyster *Crassostrea gigas*. *Journal of Virological Methods*, 170: 87–90.
- Martenot, C., Oden, E., Travaillé, E., Malas, J. P. y Houssin, M. (2011). Detection of different variants of Ostreid Herpesvirus 1 in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* between 2008 and 2010. *Virus Research*, 160: 25-31.
- Martenot, C., Fourour, S., Oden, E., Jouaux, A., Travaillé, E., Malas, J. P. y Houssin, M. (2012). Detection of the OsHV-1 μ Var in the Pacific oyster *Crassostrea gigas* before 2008 in France and description of two new microvariants of the Ostreid Herpesvirus 1 (OsHV-1). *Aquaculture*, 338–341: 293–296.
- Martenot, C., Travaillé, E., Lethuillier, O., Lelong, C. y Houssin, M. (2013). Genome exploration of six variants of the Ostreid Herpesvirus 1 and characterization of large deletion in OsHV-1 μ Var specimens. *Virus Research*, 178: 462-470.
- Martenot, C., Lethuillier, O., Fourour, S., Oden, E., Trancart, S., Travaillé, E. y Houssin, M. (2015a). Detection of undescribed ostreid herpesvirus 1 (OsHV-1) specimens from Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 132: 182-189.
- Martenot, C., Denechère, L., Hubert, P., Metayer, L., Oden, E., Trancart, S., Travaillé, E. y Houssin, M. (2015b). Virulence of Ostreid herpesvirus 1 μ Var in sea water at 16 °C and 25 °C. *Aquaculture*, 439: 1-6.
- Martenot, C., Segarra, A., Baillon, L., Faury, N., Houssin, M. y Renault, T. (2016). In situ localization and tissue distribution of ostreid herpesvirus 1 proteins in infected Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 136: 124-135.
- Mineur, F., Provan, J. y Arnott, G. (2015). Phylogeographical analyses of shellfish viruses: inferring a geographical origin for ostreid herpesviruses OsHV-1 (Malacoherpesviridae). *Marine Biology*, 162: 181-192.
- Minson, A. C., Davison, A., Eberle, R., Desrosiers, R. C., Fleckenstein, B., McGeoch, D. J., Pellett, P. E., Roizman, B. y Studdert, M. J. (2000). Family Herpesviridae. In *Virus Taxonomy*. Seventh Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses, pp. 203–225. Edited by M. H. V. van Regenmortel, C. M. Fauquet, D. H. L. Bishop, E. B. Carstens, M. K. Estes, S. M. Lemon, J. Maniloff, M. A. Mayo, D. J. McGeoch, C. R. Pringle & R. B. Wickner. San Diego: Academic Press.
- Morrissey, T., McCleary, S., Collins, E., Henshilwood, K. y Cheslett, D. (2015). An investigation of ostreid herpes virus microvariants found in *Crassostrea gigas* oyster producing bays in Ireland. *Aquaculture*, 442: 86-92.
- Nicolas, J. L., Comps, M. y Cochenec, N. (1992). Herpes-like virus infecting Pacific oyster larvae, *Crassostrea gigas*. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 12: 11-13.
- Normand, J., Li, R., Quillien, V., Nicolas, J. L., Boudry, P., Pernet, F. y Huvet, A. (2014). Contrasted survival under field or controlled conditions displays associations between mRNA levels of candidate genes and response to OsHV-1 infection in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Marine Genomics* 15: 95–102.
- Oden, E., Martenot, C., Berthaux, M., Travaillé, E., Malas, J. P. y Houssin, M. (2011). Quantification of ostreid herpesvirus 1 (OsHV-1) in *Crassostrea gigas* by real-time PCR: determination of a viral load threshold to prevent summer mortalities. *Aquaculture*, 317: 27-31.
- OIE (2016). Manual of diagnostic tests for aquatic animals. <http://www.oie.int/en/international-standard-setting/aquatic-manual/access-online/>.
- Paul-Pont, I., Dhand, N. K. y Whittington, R. J. (2013). Spatial distribution of mortality in Pacific oysters *Crassostrea gigas*: reflection on mechanisms of OsHV-1 transmission. *Diseases of Aquatic Animals*, 105: 127–138
- Paul-Pont, I., Evans, O., Dhand, N. K., Rubio, A., Coad, P. y Whittington, R. J. (2014). Descriptive epidemiology of mass mortality due to Ostreid herpesvirus-1 (OsHV-1) in commercially farmed Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in the Hawkesbury River estuary, Australia. *Aquaculture*, 422-423: 146-159.



- Pereyra, W. (1962). Mortality of Pacific oysters *Crassostrea gigas* (Thunberg) in various exposure situations in Washington. Proceedings of the National Shellfisheries Association, 53: 51–63.
- Peeler, E. J. y Otte, M. J. (2016). Epidemiology and economics support decisions about freedom from aquatic animal disease. Transboundary and Emerging Diseases, 63: 266–277.
- Peeler, E. J., Reese, R. A., Cheslett, D. L., Geoghegan, F., Power, A. y Thrush M. A. (2012). Investigation of mortality in Pacific oysters associated with Ostreid herpesvirus-1 μ var in the Republic of Ireland in 2009. Preventive Veterinary Medicine, 105: 136-143.
- Pépin, J. F., Riot, A. y Renault, T. (2008). Rapid and sensitive detection of ostreid herpesvirus 1 in oyster samples by real-time PCR. Journal of Virological Methods, 149: 269-276.
- Pernet, F., Barret, J., Le Gall, P., Corporeau, C., Dégremont, L., Lagarde, F., Pépin, J. F. y Keck, N. (2012). Mass mortalities of Pacific oysters *Crassostrea gigas* reflect infectious diseases and vary with farming practices in the Mediterranean Thau lagoon, France. Aquaculture Environment Interactions, 2: 215-237.
- Pernet, F., Lagarde, F., Jeannée, N., Daigle, G., Barret, J., Le Gall, P., Quere, C. y D'Orbcastel, E. R. (2014). Spatial and temporal dynamics of mass mortalities in oysters is influenced by energetic reserves and food quality. Plos One 9 (2): e88469.
- Petton, B., Pernet, F., Robert, R. y Boudry, P. (2013). Temperature influence on pathogen transmission and subsequent mortalities in juvenile Pacific oysters *Crassostrea gigas*. Aquaculture Environment Interactions, 3: 257–273.
- Petton, B., Pernet, F., Robert, R. y Boudry, P. (2015a). Temperature influence on pathogen transmission and subsequent mortalities in juvenile Pacific oysters *Crassostrea gigas*. Aquaculture Environment Interactions, 6: 205-222.
- Petton, B., Bruto, M., James, A., Labreuche, Y., Alunno-Bruscia, M. y Le Roux, F. (2015b). *Crassostrea gigas* mortality in France: the usual suspect, a herpes virus, may not be the killer in this polymicrobial opportunistic disease. Frontiers in Microbiology, 6: 686.
- Reglamento (UE) n° 175/2010 de la Comisión de 2 de marzo de 2010 por el que se aplica la Directiva 2006/88/CE del Consejo en lo referente a las medidas de lucha contra el aumento de la mortalidad de los ostiones de la especie *Crassostrea gigas* en relación con la detención del herpesvirus de los ostreidos tipo 1 μ var (OsHV-1 μ var). Diario Oficial de la Unión Europea. Bruselas, 3 de marzo de 2010, No. 175, 1-13 pp.
- Renault, T., Le Deuff, R. M., Cochennec, N. y Maffart, P. (1994). Herpesviruses associated with mortalities among Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in France: comparative study. Revue de Médecine Vétérinaire, 145: 735-742.
- Renault, T., Tchaleu, G., Faury, N., Moreau, P., Segarra, A., Barbosa-Solomieu, V. y Lapègue, S. (2014a). Genotyping of a microsatellite locus to differentiate clinical Ostreid herpesvirus 1 specimens. Veterinary Research, 45 (1): 3.
- Renault, T., Bouquet, A. L., Maurice, J. T., Lupo, C. y Blachier, P. (2014b). Ostreid herpesvirus 1 infection among Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) spat: Relevance of water temperature to virus replication and circulation prior to the onset of mortality. Applied and Environmental Microbiology, 80: 5419-5426.
- Ropert, M., Mazurié, J., Bédier, E., Le Coz, F. y Soletchnik, P. (2007). Évaluation des risques dans les écosystèmes conchylicoles. En: Mortalités estivales de l'huître creuse *Crassostrea gigas*: Défi Morest, J. F. Samain y H. McCombie (eds.). IFREMER/Quae Editions, Versailles, Francia. 1–49 pp.
- Roque, A., Carrasco, N., Andree, K. B., Lacuesta, B., Elandaloussi, L., Gairin, I., Rodgers, C. J. y Furones, M. D. (2012). First report of OsHV-1 microvar in Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) cultured in Spain. Aquaculture, 324-325: 303-306.
- Rosani, U., Varotto, L., Domeneghetti, S., Arcangeli, G., Pallavicini, A. y Venier, P. (2015). Dual analysis of host and pathogen transcriptomes in ostreid herpesvirus 1-positive *Crassostrea gigas*. Environmental Microbiology, 17: 4200-4212.
- Samain, J. F. y McCombie, H. (2007). Mortalités estivales de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Défi Morest. IFREMER/Quae Editions, Versailles, Francia.



- Sauvage, C., Pépin, J. F., Lapègue, S., Boudry, P. y Renault, T. (2009). Ostreid herpes virus 1 infection in families of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, during a summer mortality outbreak: differences in viral DNA detection and quantification using real-time PCR. *Virus Research*, 142: 181-187.
- Schikorski, D., Faury, N., Pépin, J. F., Saulnier, D., Tourbiez, D. y Renault, T. (2011) Experimental ostreid herpesvirus 1 infection of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*: kinetics of virus DNA detection by q-PCR in seawater and in oyster samples. *Virus Research*, 155: 28–34.
- Segarra, A., Pépin, J. F., Arzul, I., Morga, B., Faury, N. y Renault, T. (2010). Detection and description of a particular Ostreid herpesvirus 1 genotype associated with massive mortality outbreaks of Pacific oysters, *Crassostrea gigas*, in France in 2008. *Virus Research*, 153: 92-99.
- Segarra, A., Faury, N., Pépin, J. F. y Renault, T. (2014a). Transcriptomic study of 39 ostreid herpesvirus 1 genes during an experimental infection. *Journal of Invertebrate Pathology*, 119: 5-11.
- Segarra, A., Mauduit, F., Faury, N., Trancart, S., Dégremont, L., Tourbiez, D., Haffner, P., Barbosa-Solomieu, V., Pépin, J. F., Travers, M. A. y Renault, T. (2014b). Dual transcriptomics of virus-host interactions: comparing two Pacific oyster families presenting contrasted susceptibility to ostreid herpesvirus 1. *BMC Genomics*, 15: 580.
- Segarra, A., Baillon, L., Tourbiez, D., Benabdelmouna, A., Faury, N., Bourgougnon, N. y Renault, T. (2014c). Ostreid herpesvirus type 1 replication and host response in adult Pacific oysters, *Crassostrea gigas*. *Veterinary Research*, 45: 103.
- Shimahara, Y., Kurita, J., Ikunari, K., Nisioka, T., Yuasa, K., Kawana, M., Kamaishi, T. y Oseko, N. (2012). Surveillance of type 1 Ostreid herpesvirus (OsHV-1) variants in Japan. *Fish Pathology*, 47: 129-136.
- Tamayo, D., Corporeau, C., Petton, B., Quéré, C. y Pernet, F. (2014). Physiological changes in Pacific oyster *Crassostrea gigas* exposed to the herpesvirus OsHV-1 μ Var. *Aquaculture*, 432: 304-310.
- Villalba, A. y Figueras, A. (2011). Estrategias de lucha frente a enfermedades de moluscos bivalvos. En: *Enfermedades de moluscos bivalvos de interés en acuicultura*, A. Figueras y B. Novoa (eds.). Fundación Observatorio Español de Acuicultura, Madrid, España. 513-541 pp.
- Webb, S. C., Fidler, A. y Renault, T. (2007). Primers for PCR-based detection of ostreid herpes virus-1 (OsHV-1): application in a survey of New Zealand molluscs. *Aquaculture*, 272: 126-139.
- Whittington, R. J., Hick, P. M., Evans, O., Rubio, A., Alford, B., Dhand, N. y Paul-Pont, I. (2015). Protection of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) spat from mortality due to ostreid herpesvirus 1 (OsHV-1 μ Var) using simple treatments of incoming seawater in land-based upwellers. *Aquaculture*, 437: 10-20.





Jesús L. Romalde es catedrático de Microbiología en la Universidad de Santiago de Compostela. El Prof. Romalde ha estado involucrado en la investigación en microbiología de los organismos acuáticos durante más de 25 años, incluyendo diferentes aspectos de patógenos bacterianos y virales. Ha dirigido o participado en 38 proyectos de I + D financiados por convocatorias públicas (nacionales y europeas) y presentado ponencias en diferentes reuniones internacionales. Ha dirigido 12 tesis doctorales. Entre 2012 y 2014, ocupó el puesto de Vicerrector de Titulaciones y Personal Docente e Investigador de la Universidad de Santiago de Compostela.

Miguel F. Varela y Enrique Rivadulla, son doctorandos en el mismo departamento. Desarrollan sus trabajos de investigación en el estudio de virus entéricos emergentes, como Sapovirus o Aichi virus, incluyendo aspectos de prevalencia en muestras clínicas y de moluscos, epidemiología o transmisión, entre otros.

Carmen F. Manso, doctora en ciencias biológicas por la Universidad de Santiago de Compostela, centró el trabajo de su tesis en el genotipado y estudio poblacional de cepas de Norovirus detectadas en muestras de moluscos y clínicas en Galicia. Actualmente es investigadora de plantilla en el Public Health England de Londres (Reino Unido).

David Polo, doctor por la Universidad de Santiago de Compostela, desarrolló estudios de depuración de virus entéricos en diferentes especies de moluscos bivalvos pudiendo establecer un modelo matemático de reducción viral. En la actualidad realiza una estancia post-doctoral en el Laboratorio de Micorbiología del Instituto Francés de Investigación para la Exploración del Mar (IFREMER) en Nantes (Francia).



CAPÍTULO 5

Enfermedades de transmisión alimentaria: infecciones por Norovirus y virus de la Hepatitis A.

Jesús L. Romalde, Carmen F. Manso, Miguel F. Varela, Enrique Rivadulla y David Polo

Departamento de Microbiología y Parasitología. CIBUS-Facultad de Biología. Universidade de Santiago de Compostela. 15782 Santiago de Compostela.

Autor de contacto

Jesús L. Romalde: jesus.romalde@usc.es

Dirección actual

Carmen F. Manso. *Antiviral Unit. Virus Reference Department. Public Health England. 61 Colindale Ave. London NW9 5EQ. Gran Bretaña.*

David Polo. *Laboratoire de Microbiologie-LNR, Unité SG2MLSEM, Département RBE, IFREMER, Nantes, Francia*



RESUMEN

Las enfermedades de transmisión alimentaria de etiología viral representan uno de los principales retos a nivel mundial dentro de la seguridad alimentaria. El desarrollo de un comercio a gran escala sin procedimientos ni estándares microbiológicos de seguridad apropiados desde un punto de vista virológico, ilustra la vulnerabilidad actual del mercado global alimentario. Los virus entéricos son un grupo de virus que se encuentran en el intestino humano, se excretan en las heces y son transmitidos mediante la ruta fecal-oral. Debido a la naturaleza filtradora de los moluscos bivalvos, estos pueden concentrar y retener patógenos humanos presentes en ecosistemas acuáticos contaminados con aguas residuales. El peligro de la bioacumulación de virus patógenos en bivalvos, y particularmente ostras, radica principalmente en que se consumen crudos o ligeramente cocinados y a que se ingiere el animal completo, incluidas las vísceras. Se ha detectado la presencia de diversos virus entéricos en moluscos bivalvos, aunque únicamente en el caso de Norovirus (NoV) y virus de la Hepatitis A (HAV) se ha podido relacionar el desarrollo de brotes de enfermedad con el consumo de moluscos, en su mayor parte ostra rizada, que cumplían con los estándares para su comercialización. En este capítulo pretende recopilar el conocimiento actual en lo que concierne a implicaciones de moluscos en brotes de gastroenteritis y hepatitis, así como al control y eliminación de la contaminación viral de bivalvos.

Palabras clave: Norovirus, Virus de la hepatitis A, Moluscos, Ostra, Detección, Transmisión, Control.



1. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades de transmisión alimentaria constituyen uno de los problemas más serios para la salud humana a nivel mundial. A pesar de que existen más de 200 patógenos microbianos y agentes físicos o químicos causantes de trastornos tras su ingestión, son las enfermedades causadas por microorganismos las que concentran más esfuerzos y preocupación pública (Acheson, 1999).

En los últimos años, se ha demostrado que los virus entéricos son una de las principales causas del aumento de enfermedades de transmisión alimentaria en todo el mundo. Los virus entéricos son un grupo de virus que se encuentran en el intestino humano, se excretan en las heces y son transmitidos mediante la ruta fecal-oral. Cien años después del primer brote documentado (Jubb, 1915), las enfermedades de transmisión alimentaria de etiología viral se reconocen como uno de los principales problemas a nivel mundial en seguridad alimentaria, siendo los virus entéricos los principales agentes etiológicos.

En la actualidad, este grupo de virus está considerado como la causa más frecuente de enfermedades asociadas al consumo de alimentos (Lees, 2000). Los principales virus entéricos patógenos encontrados en heces son los Norovirus (NoV), Sapovirus (SaV), virus de la Hepatitis A (HAV), Enterovirus (EV), Kobuvirus

(KoV), virus de la Hepatitis E (HEV), Astrovirus (AsV), Rotavirus (RV) y Adenovirus (AdV). Recientemente se ha descubierto un nuevo tipo de virus entérico en muestras de heces de pacientes pediátricos, denominado Klassevirus (KV) (Greninger y col., 2009). Las enfermedades causadas por los virus entéricos se engloban en tres tipos principales: gastroenteritis, hepatitis de transmisión entérica y enfermedades que afectan a otras partes del cuerpo como los ojos, el sistema respiratorio y el sistema nervioso central (Koopmans y Duizer, 2004).

2. MOLUSCOS BIVALVOS COMO BIOACUMULADORES DE PATÓGENOS HUMANOS

Los ecosistemas acuáticos contienen cantidades variables de virus, bacterias y microalgas marinas que forman parte de la comunidad planctónica microbiana. La concentración de virus en aguas no contaminadas se estima entre 10^5 y 10^8 partículas por ml (Berg y col., 1989; Maranger y Bird, 1995). Sin embargo, en zonas cercanas a núcleos de población, el medio acuático recibe aportes de grandes concentraciones de virus que son excretados a través de las heces y la orina de individuos afectados, incluso aunque estos sean asintomáticos. En este medio se pueden encontrar hasta 100 especies distintas de virus infecciosos para el ser humano, de los cuales la gran mayoría son virus entéricos (Bosch, 1998). La concentración de estos virus en aguas residuales



puede alcanzar valores de 10^5 unidades formadoras de placas de lisis por litro (ufp/l), llegando a ser de 1-10 ufp/l en aguas superficiales dependiendo del grado de contaminación fecal (Schwartzbrod, 1995).

Debido al proceso de filtración para la obtención de alimentos, los moluscos bivalvos que se encuentran en ecosistemas acuáticos contaminados con aguas residuales pueden concentrar y retener estos patógenos humanos. Se ha estimado que los bivalvos pueden filtrar entre 0,5 y 4 litros de agua por hora, dependiendo de su tamaño y de las condiciones ambientales, lo que los convierte en verdaderos concentradores biológicos. Una vez acumulados en el tejido de los moluscos, los virus pueden persistir y permanecer infectivos durante largos periodos de tiempo, es decir, desde que son recolectados hasta su consumo (Tierney y col., 1982). En estudios posteriores llevados a cabo con técnicas moleculares de detección, se demostró que los virus entéricos se acumulan principalmente en el tracto digestivo de los moluscos bivalvos (Romalde y col., 1994). Si se analiza exclusivamente el hepatopáncreas, no sólo se reduce la cantidad de inhibidores presentes en los tejidos del molusco, sino que los resultados obtenidos son más representativos de la contaminación global de la muestra (1,5 g de hepatopáncreas equivalen a 5 ostras o 10 mejillones) (Romalde y col., 1994; Le Guyader y col., 2006b).

El peligro de la bioacumulación de microorganismos patógenos en los moluscos

bivalvos radica principalmente en que muchas especies se consumen crudas o ligeramente cocinadas y a que se ingiere el animal completo, incluidas las vísceras. Estas circunstancias son únicas para moluscos bivalvos, por lo que estos suponen un caso especial entre los peligros microbiológicos asociados con alimentos.

3. MECANISMOS DE BIOACUMULACIÓN DE VIRUS ENTÉRICOS EN MOLUSCOS BIVALVOS

Se han propuesto distintos mecanismos por los que los moluscos bivalvos bioacumulan virus entéricos, aunque actualmente no se ha llegado a una total comprensión de cómo tiene lugar este proceso. El primer paso para la entrada de un virus en el molusco es la adsorción de las partículas virales al mucus de las branquias durante la filtración de agua. Esta adsorción ocurre principalmente por la formación de enlaces iónicos entre las partículas virales y los mucopolisacáridos, especialmente el ácido hialurónico, que existe como hialuronosulfatos en los compuestos mucosos. Se ha sugerido que este proceso se ve afectado por la salinidad y el pH del mucus (Di Girolamo y col., 1977; Bedford y col., 1978). La producción de mucus depende del contenido de glucógeno del tejido conectivo y del desarrollo gonadal del individuo (Galtsoff, 1964). Se han observado variaciones en los niveles de glucógeno relacionados con la gametogénesis.



Existen patrones similares en el caso de diversas especies de moluscos bivalvos como la almeja, la navaja o la ostra. El glucógeno se acumula durante el otoño y el invierno, durante el periodo sexualmente activo de los individuos (noviembre y diciembre) y el comienzo de la gametogénesis (enero-marzo). El contenido más bajo de glucógeno ocurre durante la madurez (mayo-agosto) y especialmente durante el desove (junio-agosto) (Rodríguez de la Rúa y col., 2002).

Una vez en el estómago y en la glándula digestiva, aunque algunos virus avanzan hacia el intestino y son eliminados en las heces, otros son transportados a través de las paredes del tracto digestivo a regiones más internas del molusco (Le Guyader y col., 2006a; McLeod y col., 2009a). Así, se ha detectado HAV en células basales del epitelio del tejido digestivo (Romalde y col., 1994) y NoV en el lumen del tracto digestivo, dentro de las células gastrointestinales y dentro de fagocitos tanto en epitelio como en tejido conectivo (Le Guyader y col., 2006b; McLeod y col., 2009a). Los hemocitos son un tipo de células presentes en el lumen del tracto digestivo y en la hemolinfa, y cuya función es la digestión de partículas exógenas y la fagocitosis de patógenos. Estudios realizados en ostras han demostrado que, además de las células gastrointestinales y los fagocitos, los virus persisten en el interior de los hemocitos, al resistir la digestión de las vesículas de ácido fagolisosomal (Provost y col., 2011). La internalización de partículas virales intactas al

interior de las células puede ser una explicación para la poca eficiencia que generalmente tienen los procesos de depuración a la hora de eliminar virus presentes en moluscos bivalvos. Sin embargo, se han observado diferencias en la bioacumulación y en las tasas de depuración de distintos virus entéricos en moluscos bivalvos (Nappier y col., 2008; Polo y col., 2015). Esto podría estar relacionado con determinadas propiedades virales o bien con la especificidad de ligandos. En el caso de NoV, se ha demostrado la unión específica de determinadas cepas al tracto digestivo de los moluscos mediante ligandos similares a los antígenos de histocompatibilidad sanguíneos tipo A humanos (HBGA, del inglés *A-like human histo-blood antigens*) (Tian y col., 2007), sugiriendo esta especificidad como un potencial mecanismo para la concentración del virus.

4. CONTROLES MICROBIOLÓGICOS EN MOLUSCOS CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE CULTIVO

Con el fin de producir moluscos bivalvos aptos para el consumo humano tanto la legislación de la UE como la de EEUU, recoge normativas según las cuales las zonas de crecimiento de moluscos se clasifican en función de indicadores bacterianos de contaminación fecal (Anónimo, 2004a-d, 2005, 2006, 2008). En la UE, la legislación establece que los indicadores bacterianos han de determinarse



en la carne de los moluscos y en el agua intervalvar, mientras que en EEUU se establece que los niveles de los indicadores se evaluarán en las aguas de cultivo.

Los puntos críticos de entrada de contaminación se identifican mediante una evaluación de la línea costera y, en función de estos datos, se establece un programa de monitorización adecuado. Por otro lado, los niveles de indicadores fecales detectados determinan el tratamiento apropiado que los moluscos necesitan para ser aptos para consumo humanos.

De acuerdo con la legislación europea, se clasifican como zonas de “categoría A” aquellas que presentan niveles microbiológicos menores de 230 *Escherichia coli* por 100 g de molusco. Los moluscos recolectados en estas zonas se consideran aptos para el consumo humano, sin

necesidad de ningún procesado posterior (Tabla 1).

Las zonas de “categoría B” son aquellas en las que los moluscos presentan entre 230 y 4.600 *E. coli* por 100 g de molusco. Los moluscos procedentes de estas zonas pueden comercializarse tras ser sometidos a un proceso de depuración o de reubicación en una zona clasificada como A (Tabla 1).

Las zonas de “categoría C” son aquellas en las que los moluscos presentan niveles entre 4.600 y 46.000 *E. coli* por 100 g de molusco (Tabla 1). Los moluscos recolectados en estas zonas solamente podrían ser comercializados tras un periodo prolongado de reubicación (se especifica un periodo mínimo de dos meses) en aguas de categoría A. También podrían comercializarse tras un procesado industrial mediante tratamiento

Tabla 1. Resumen de los estándares legales en la UE para moluscos bivalvos vivos.

Clasificación UE ^a	Criterio Microbiológico (NMP/100 g molusco) ^b	Tratamiento post-recolección requerido
Clase A	<230 <i>Escherichia coli</i>	Ninguno
Clase B	230-4600 <i>E.coli</i> ^c	Depuración, reinstalación o procesado por un método aprobado
Clase C	4600-46000 <i>E. coli</i>	Reinstalación (> 2 meses) o procesado por un método aprobado

^a La autoridad competente tiene la potestad para prohibir cualquier producción o recogida de moluscos bivalvos en áreas consideradas no adecuadas por razones de salud.

^b NMP: número más probable. Determinado por el método de referencia ISO 16649-3.

^c Aplican percentiles. El 90% de las muestras no debe exceder del valor máximo de la clase. El 10% restante podría excederlo sin llegar a sobrepasar el límite de la clase C.



por calor. Sin embargo, los tratamientos por calor implican la consiguiente pérdida del valor comercial, que puede llegar a suponer hasta un 30% de su precio en fresco. Los moluscos recolectados en zonas que exceden los niveles microbiológicos descritos anteriormente o que proceden de zonas sin clasificar no pueden ser comercializados para consumo humano.

Numerosos estudios muestran que los coliformes fecales no son buenos indicadores de la presencia de virus entéricos y que su control no es suficiente para evitar posibles brotes de enfermedades de origen vírico (Doré y col., 2003; Romalde y col., 2002). A pesar de que en numerosos países la depuración se practica de forma rutinaria, especialmente en moluscos que se comen crudos, como por ejemplo diferentes especies de ostra, existe un gran número de casos en los que los brotes de gastroenteritis están asociados al consumo de moluscos depurados que cumplen la actual normativa (Chalmers y Mcmillan, 1995; Ang, 1998; Guillois-Bécel y col., 2009; Pintó y col., 2009) y por tanto, este proceso no garantiza la protección del consumidor.

Por este motivo, se especificó en el reglamento 2073/2005 (Anónimo, 2005) que cuando los métodos analíticos estuviesen lo suficientemente desarrollados deberían establecerse criterios para la detección de virus patógenos en moluscos vivos. Actualmente, ya se dispone de un método

de referencia para la detección de NoV y HAV en muestras de alimentos (ISO/TS 15216) (ISO, 2013).

5. NOROVIRUS Y CONSUMO DE MOLUSCOS BIVALVOS

La relación existente entre el consumo de moluscos bivalvos contaminados y los brotes de gastroenteritis aguda causados por NoV está ampliamente demostrada desde hace décadas. El primer caso documentado de la asociación entre consumo de moluscos y gastroenteritis viral ocurrió en el invierno de 1976/77 en Gran Bretaña, cuando tras el consumo de berberechos cocidos se detectó un brote que afectó a más de 800 personas (Appleton y Pereira, 1977). En las heces de una gran proporción de los pacientes se detectaron por microscopía electrónica pequeñas partículas virales redondeadas, similares al virus Norwalk, identificado como agente etiológico de “la enfermedad de vómitos de invierno” cuatro años antes (Dolin y col., 1971; Kapikian y col., 1972).

En 1978, tuvo lugar un brote asociado al consumo de ostras en Sydney (Australia), afectando a más de 2.000 personas (Murphy y col., 1979). Las investigaciones realizadas no encontraron ninguna bacteria en las muestras analizadas, pero sí se observaron por microscopía electrónica en las heces de algunos pacientes unas partículas



similares a los parvovirus. Posteriormente, estas partículas se identificaron como virus Norwalk, demostrando la implicación de este virus en un caso de enfermedad entérica por consumo de moluscos. Este brote se asoció a una contaminación ocasional de la zona de cultivo de las ostras por aguas residuales tras un periodo de fuertes lluvias. De hecho, ostras congeladas procedentes de la misma zona fueron la causa de otro brote en Darwin (Australia) en diciembre de 1978 donde, de nuevo, se detectó el virus de Norwalk en las heces de los pacientes mediante microscopía electrónica e inmunolectronica (Linco y Grohmann, 1980).

Estudios posteriores, consistentes en ensayos de consumo de moluscos contaminados experimentalmente, realizados en Australia con voluntarios demostraron la importancia del virus de Norwalk como agente causal de gastroenteritis (Grohmann y col., 1981). En 1981, Appleton y col. examinaron materia fecal procedente de 10 brotes independientes de gastroenteritis asociada al consumo de moluscos y detectaron partículas virales similares al virus Norwalk en el 90% de las muestras, evidenciando así el importante papel de este virus en las infecciones transmitidas por moluscos en Gran Bretaña (Appleton y col., 1981).

Desde estos primeros estudios se han publicado numerosos casos y ejemplos de brotes de gastroenteritis causados por Norovirus asociados al consumo de moluscos (Richards, 1985; Jaykus y col., 1994; Rippey, 1994; Mead y col., 1999). En

EEUU, los primeros casos documentados datan de 1980 en el Estado de Florida, con varios individuos afectados tras el consumo de ostras (Gunn y col., 1982). Posteriormente, en 1982, la situación se describió como de proporciones epidémicas con 103 brotes y más de 1.000 personas infectadas tras el consumo de almejas u ostras sólo en el Estado de Nueva York (Morse y col., 1986). El virus de Norwalk se consideró el agente causal en base a la sintomatología clínica, datos de seroconversión en los pacientes y detección de este virus en los moluscos por radioinmunoensayo. Los moluscos provenían de varios estados del noreste de EEUU y, de nuevo, la fuente de contaminación eran las aguas residuales tras periodos de fuertes lluvias.

Estos y otros brotes ocurridos en la década de los 80, propiciaron la importación en EEUU de moluscos depurados procedentes de países europeos, principalmente Gran Bretaña. Sin embargo, al menos 14 brotes independientes de gastroenteritis, que afectaron a más de 2.000 personas en Nueva York y Nueva Jersey en un periodo de tres meses durante 1983, se relacionaron con el consumo de almejas importadas (Richards, 1985). Sólo uno de estos brotes afectó a más de 1.100 individuos tras consumir almejas en un picnic. En Gran Bretaña también aparecieron casos de gastroenteritis producidos por Norovirus asociados a moluscos depurados. Así, en 1983, ostras que habían sido depuradas durante 72 horas fueron las responsables de un brote que afectó a más de 300 personas (Gill y col., 1983), con una incidencia del 79% entre los



individuos que habían consumido moluscos. En años posteriores hubo más evidencias en Europa de la asociación de brotes de gastroenteritis y moluscos depurados, principalmente ostras (Heller y col., 1986; Chalmers y Mcmillan, 1995; Ang, 1998).

Hasta la fecha, siguen surgiendo brotes de gastroenteritis viral asociados al consumo de moluscos bivalvos en un gran número de países. Los incidentes varían en alcance e importancia, pero los NoV son invariablemente la causa principal en todos ellos (Le Guyader y col., 2006a, 2008, 2010; Nenonen y col., 2009; Iizuka y col., 2010; Westrel y col., 2010).

Los NoV detectados en moluscos pertenecen tanto al genogrupo I como al genogrupo II (Manso y Romalde, 2013). Sin embargo, los estudios realizados sobre la epidemiología molecular de NoV en muestras clínicas revelan un predominio a escala global del genogrupo II respecto al I (Manso y Romalde., 2014). Las aguas residuales que pueden contaminar las áreas de crecimiento de los moluscos, frecuentemente contienen cepas de NoV pertenecientes a este genogrupo predominante. Sin embargo, es importante destacar que NoV GI también suele estar implicado en brotes de gastroenteritis debido a que, aunque su prevalencia es menor, presenta una mayor resistencia durante los procesos de tratamiento de las aguas residuales (da Silva y col., 2007; Le Guyader y Atmar, 2008).

6. HEPATITIS A Y CONSUMO DE MOLUSCOS BIVALVOS

La hepatitis A es la infección viral más grave asociada al consumo de marisco, ya que puede ocasionar incluso la muerte de los afectados. El primer caso documentado de un brote de hepatitis asociado al consumo de bivalvos data de 1955 cuando 629 personas se vieron afectadas tras la ingestión de ostras crudas en Suecia (Roos, 1956). Desde esa fecha, se han relacionado muchos casos de infecciones por HAV con el consumo de moluscos bivalvos en todo el mundo (Richards, 1985; Jaykus y col., 1994; Rippey, 1994). De forma ocasional, los brotes adquieren una escala epidémica, siendo la ilustración más gráfica el brote de hepatitis A ocurrido en Shanghai (China) en 1988, donde alrededor de 300.000 casos pudieron relacionarse con el consumo de almejas obtenidas de un área contaminada con aguas residuales (Halliday y col., 1991; Tang y col., 1991). Este es el mayor brote de enfermedad asociado a alimentos ocurrido hasta la fecha. En EEUU también se han descrito varios casos de brotes de hepatitis A asociados al consumo de bivalvos (Richards, 1985; Rippey, 1994). Así, entre 1961 y 1964 se registraron más de 1.000 casos de hepatitis A relacionados con el consumo de ostras o almejas en diferentes estados americanos (Richards, 1985). En los años siguientes se produjeron numerosos brotes de la enfermedad asociados al consumo de moluscos. En 1973, tuvo lugar uno asociado a una partida de ostras de



Louisiana (Glass y col., 1996). En 1988, ocurrió otro en Florida (Desenclos y col., 1991) y en 1996 tuvieron lugar dos brotes en Louisiana, todos ellos por consumo de ostras contaminadas (Berg y col., 2000). Más recientemente, en el año 2005, tuvo lugar otro causado por ostras contaminadas en Mississippi (Shieh y col., 2007). El brote de Louisiana se atribuyó a una contaminación por aguas residuales de las áreas de producción de bivalvos por una crecida del río Mississippi, mientras que en el caso del brote de Florida (que afectó a varios estados), las ostras provenían de recolecciones ilegales de áreas prohibidas. En el caso de Louisiana, las ostras cumplían todos los requisitos sanitarios de las autoridades americanas y se sospecha, por evidencias indirectas, que las ostras retuvieron el virus durante al menos 6 semanas tras la contaminación (Desenclos y col., 1991).

También existen descripciones de brotes de hepatitis A en Japón, Australia y en diferentes países europeos como Gran Bretaña, Italia, Francia y España (Bostock y col., 1979; Apairemarchais y col., 1995; Malfait y col., 1996; Conaty y col., 2000; Bosch y col., 2001; Sánchez y col., 2002; Pintó y col., 2009) en los que su relación con el consumo de moluscos se realizó por datos epidemiológicos.

Los brotes de hepatitis A son menos frecuentes que los brotes de gastroenteritis, aunque hay que destacar el elevado número de individuos afectados. El largo periodo de incubación de la hepatitis A (4 semanas por término medio)

hace muy difícil demostrar la implicación de un alimento concreto en la aparición de casos individuales o esporádicos. En la mayoría de los casos, el alimento no está disponible para su evaluación y el historial de consumo no es concluyente. Así, de modo general, los brotes de hepatitis A se clasifican en dos categorías: i) los grandes brotes en los que existe un vehículo de infección común y evidente, y ii) las infecciones esporádicas donde el alimento que actúa como vector sólo puede evidenciarse con una investigación epidemiológica seria y diligente. Esta investigación epidemiológica es más la excepción que la regla, por lo que la asociación de moluscos bivalvos con casos esporádicos de hepatitis A está probablemente subestimada (Rippey, 1994).

A pesar de que actualmente las infecciones con el virus de la hepatitis A asociadas al consumo de bivalvos pueden ser poco frecuentes en algunos países desarrollados, la vigilancia continua es importante. En los últimos años se han producido en España varios brotes de la enfermedad. En los años 1999 y 2008 se produjeron dos brotes asociados al consumo de coquinas procedentes de Perú. El primero de ellos duró tres meses y afectó a 189 personas y el segundo duró 7 meses y afectó a 100 personas (Bosch y col., 2001; Sánchez y col., 2002; Pintó y col., 2009).

Estudios realizados por Romalde y col. (2001) y Polo y col. (2010) demostraron que las importaciones de moluscos, aunque cumplan los



estándares sanitarios bacterianos exigidos por la legislación actual, pueden actuar como un vehículo importante de reintroducción del virus de la hepatitis A en áreas no endémicas, especialmente si dichas importaciones proceden de países en desarrollo endémicos para la hepatitis A.

7. MODOS DE CONTAMINACIÓN

Las zonas costeras son las zonas de interacción entre el medio terrestre y el medio acuático. La presencia de microorganismos entéricos en el medio marino, principalmente en bahías y estuarios, viene determinada por una amplia gama de fenómenos complejos basados en interacciones físicas, bioquímicas y biológicas que dificultan la comprensión y el control de las fuentes de contaminación (*Fig. 1*). La presencia de contaminación fecal en el medio ambiente es el resultado de un flujo de mezcla, acumulación y persistencia en las aguas y sedimentos (Pommepuy y col., 2005). Las actividades y los parámetros dependientes de la zona de interacción “tierra-agua dulce”, determinan la intensidad del flujo microbiano y el tipo de microorganismo que es descargado al medio. Los parámetros dependientes de la zona de interacción “agua dulce-agua salada”, como la hidrografía, marea, procesos de mezcla, dispersión, estratificación hialina y sedimentación, influyen en la distribución y disponibilidad de la contaminación (Pommepuy y col., 2005).

Los virus entéricos humanos entran en el medio ambiente a través de la descarga de aguas residuales contaminadas. Se eliminan en un número extremadamente alto (105-1011 partículas virales/g de heces) en las heces de individuos afectados de gastroenteritis o hepatitis (Farthing, 1989). En consecuencia, se encuentran en grandes cantidades en las aguas residuales, aunque su concentración puede variar en función de factores como la zona geográfica, la estación del año y/o el estatus socioeconómico y sanitario (Haramoto y col., 2006; Okoh y col., 2010).

Se ha comprobado que los tratamientos actuales a los que se someten las aguas residuales no garantizan la total eliminación de los patógenos virales, por lo que estos son descargados continuamente al medio. De hecho, son frecuentemente detectados en efluentes de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) y en ríos y aguas circundantes a las plantas de tratamiento (da Silva y col., 2007; Iwai y col., 2009; Maalouf y col., 2010). Además, los indicadores bacterianos en los que se basa la actual legislación se consideran una herramienta obsoleta e insuficiente para controlar la calidad del agua residual desde un punto de vista virológico (Fong y Lipp, 2005; Maunula y col., 2007).

La contaminación del medio acuático se produce como consecuencia de aumentos en la urbanización costera, principalmente alrededor de las zonas de producción, fugas y derrames



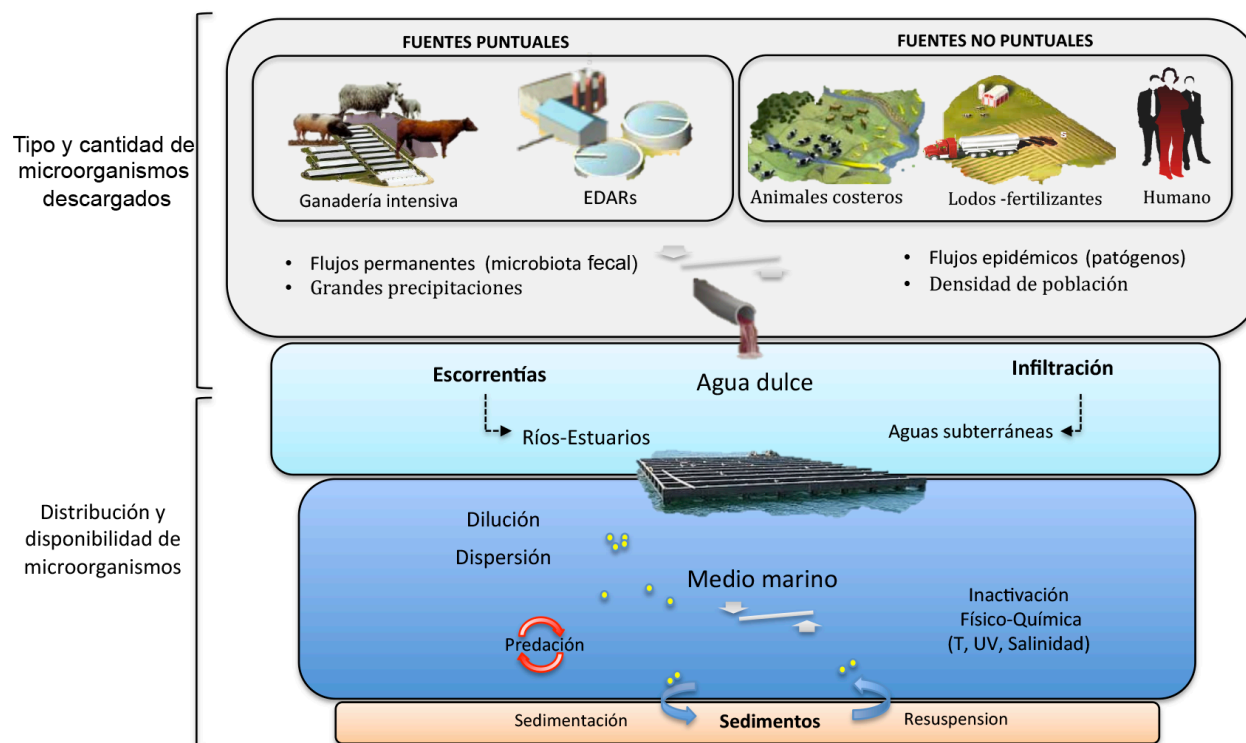


Figura 1. Origen y fuentes de transmisión de los virus entéricos hasta el medio marino.

en las EDAR consecuencia de fallos por exceso en su capacidad de almacenamiento o debido a temporales y fuertes lluvias (Le Guyader y col, 2006a, Le Guyader y Atmar, 2008; Morse y col, 1986; Murphy y col., 1979). La presencia de granjas o animales en las zonas costeras o actividades asociadas como la aplicación de purines, estiércol, lodos de depuradora y residuos de fosas sépticas en los pastos como abono de tierras de cultivo

son también comunes. Estos llegan al agua por infiltración o lixiviación (Crowther y col., 2002; Maalouf y col., 2010).

Una vez que los virus entéricos entran en los depósitos y fuentes de agua dulce, su aparición y permanencia en las aguas costeras dependerá del equilibrio entre su resistencia a la inactivación y una amplia gama de factores y procesos ambientales de degradación y distribución. Estos mecanismos de



eliminación y distribución son complejos y difíciles de dilucidar. Las corrientes marinas, la morfología del estuario, su estratificación hialina, las mareas, las tormentas y las condiciones oceanográficas en general influyen en la distribución, dilución y/o procesos de sedimentación viral. Procesos como la dilución física, la dispersión, la sedimentación, adsorción, la destrucción enzimática y/o la depredación por bacterias y protozoos pueden disminuir la contaminación fecal en las zonas costeras (Pommepuy y col., 2005).

Sin embargo, a diferencia de otros microorganismos, los virus pueden permanecer estables en el medio ambiente durante largos periodos especialmente asociados a los sedimentos, que evitan su foto-inactivación. Estos sedimentos actúan en muchos casos como un depósito desde el cual los virus pueden ser re-suspendidos, por ejemplo durante fuertes tormentas. Las condiciones físico-químicas específicas de la zona y el agua marina (radiación solar, salinidad, temperatura, pH), influyen también en la degradación viral (Bosch, 1998; Chung y Sobsey, 1993; da Silva y col., 2008) (*Fig. 1*).

Existen además otras fuentes de contaminación entérica en las zonas costeras, como la eliminación de heces de personas infectadas desde buques o barcos, o directamente en las zonas de producción sobre el lecho de los moluscos (Dowell y col., 1995; Gerba, 2000; Kohn y col., 1995). Las acciones ilegales como la recolección de zonas

no autorizadas pueden desempeñar un papel importante en la aparición de brotes (Desenclos y col., 1991; Le Guyader y col., 2010).

Al igual que otros productos frescos, la contaminación también puede ocurrir durante el procesamiento, el almacenamiento, la distribución y la preparación final, ya sea directamente a partir de los manipuladores (debido a una mala higiene personal) o por contacto con un ambiente contaminado (Cliver, 1994). La contaminación puede provenir también de la utilización de hielo o agua contaminada durante su almacenamiento, por enjuague del producto, el pelado con las manos contaminadas, guantes o cuchillos de desconchado, mesas y/o recipientes de almacenamiento (Beller, 1992; Khan y col., 1994). Algunas prácticas de los distribuidores, como devolver los bivalvos al mar durante un período corto tiempo para que puedan alimentarse después de su recolección y almacenamiento, puede dar lugar a la contaminación del producto. A pesar de que esta no es una práctica aprobada, ni en EEUU ni en la UE, se produce habitualmente en algunos países (Richards y col., 2010).

8. MÉTODOS DE CONTROL Y ELIMINACIÓN

La mayoría de los países desarrollados han adoptado una serie de controles sanitarios sobre la producción de moluscos bivalvos. Su principal



característica es el uso de los indicadores bacterianos de contaminación fecal, cuyos niveles determinan el tratamiento apropiado al que se someterá el producto. La medida más eficaz para evitar la contaminación de los moluscos bivalvos es su cultivo en áreas con una buena calidad microbiológica, sin embargo, el procesamiento posterior del producto proporciona una opción práctica para los casos en los que exista dicha contaminación. Las estrategias para prevenir, controlar y reducir la contaminación microbiana en los bivalvos pueden agruparse en: medidas previas a su recolección (es decir, el control de sus zonas de producción) y estrategias posteriores a su recolección.

Estrategias de control previas a la recolección.

Estas estrategias están enfocadas a obtener una mejora en la calidad de las agua de cultivo y la prevención de vertidos de aguas residuales, principal vía de contaminación de los bivalvos. Identificar las fuentes de contaminación y los factores y condiciones responsables del riesgo de contaminación viral en un lugar específico, así como la adopción de medidas de carácter temporal como el cierre de determinadas zonas de producción es crucial para reducir los riesgos. En este sentido, el modelado microbiano en ambientes costeros y los sistemas de alerta temprana (SAT) pueden ser herramientas útiles para limitar o prevenir dicha contaminación (Pommepuy y col., 2005).

Los sistemas de modelado microbiano se

clasifican en dos categorías principales: los modelos estadísticos y los modelos dinámicos basados en procesos. Los modelos estadísticos se basan en una modelización lineal o análisis de regresión logística entre los parámetros medioambientales y la contaminación fecal, prediciendo la contaminación microbiana que resulta de aportes de aguas residuales o de fuentes no puntuales en una zona determinada, de acuerdo con las condiciones ambientales (Gourmelon y col., 2010). Otro tipo de modelo estadístico son las Redes Neuronales Artificiales (ANN, del inglés *Artificial Neural Networks*). Las redes neuronales son una alternativa eficaz a las técnicas más tradicionales de análisis estadístico cuando se trata de hacer aproximaciones hacia funciones no lineales. Estos modelos estadísticos tienen ciertas limitaciones debido a que no tienen en cuenta el tipo de entrada de la contaminación, el transporte, la tasa de descomposición microbiana o distribución espacial y temporal.

Los modelos dinámicos basados en procesos se desarrollaron en parte para superar las limitaciones anteriores (Brion y col., 2005). Estos modelos se basan en el desarrollo a su vez de diferentes submodelos: (i) un modelo hidrodinámico que proporciona los coeficientes de mezcla y distribución de la contaminación, (ii) un modelo de dispersión que integra el transporte y la difusión de las bacterias/virus, y (iii) un modelo biológico de descomposición microbiana dependiente de las condiciones ambientales (luz, temperatura y asociación a los sedimentos) (Gourmelon y col., 2010).



Con respecto a los SAT, su objetivo principal es obtener datos en tiempo real y en puntos clave, cerca de las zonas de producción, de ciertos parámetros como las precipitaciones, variaciones de salinidad, red de alcantarillado, actividades agrícolas, condiciones climáticas en la cuenca, brotes de enfermedades virales en la población local, procesos de mezcla y transporte dominantes. La información se recopila en una base de datos y es enviada de manera inmediata a un ordenador, que sintetiza la información y da la alarma si los parámetros exceden unos valores predefinidos. Sus funciones serían la gestión del riesgo, notificación de eventos, cierre de zonas de producción, cálculo del tiempo de cierre y fecha de re-apertura (Le Saux y col, 2006; Gourmelon y col, 2010).

El control de la entrada de contaminación fecal en las propias zonas de producción, sería el enfoque más eficaz contra la presencia de virus entéricos en los moluscos. Sin embargo, la creciente urbanización costera y el elevado coste de inversión para la implementación de EDAR, especialmente cuando el cultivo de bivalvos es muy disperso o el coste no guarda proporción con el valor del producto, hace difícil evitar esta contaminación. Por el contrario, otras vías de entrada de contaminación fecal son más fáciles de evitar, como las descargas de aguas residuales desde las embarcaciones, mediante la adopción de sencillas medidas como una mayor concienciación de los trabajadores, la instalación de contenedores para los desperdicios en los muelles o la adopción de sanciones por su incumplimiento.

Aunque las normas actuales aplicables a los moluscos bivalvos son eficaces contra la transmisión de enfermedades bacterianas, su cumplimiento no garantiza la ausencia de virus entéricos en el producto final (Romalde y col., 2002). Los sistemas de clasificación de las zonas de producción determinan si la zona se puede utilizar o no para la producción y el nivel de tratamiento (depuración, reinstalación, tratamiento térmico) que debe ser aplicado a los bivalvos cosechados antes de su comercialización.

Estrategias de control posteriores a la recolección.

A pesar de que la reducción de la contaminación a través de procedimientos posteriores a la recolección es menos eficaz que la prevención de la contaminación en las zonas mismas de producción, estos procesos representan una opción práctica cuando las aguas están sujetas a cierto grado de contaminación. Aunque la contaminación viral puede ser debida a malas prácticas higiénicas y de manipulación tras la recolección del producto, en la mayoría de los brotes virales tiene un origen previo a la recolección. Tradicionalmente, son tres los procesos aplicados comercialmente: la depuración, la reinstalación y el tratamiento térmico. Además de estos tratamientos utilizados de manera convencional, existen otros más novedosos como la alta presión hidrostática y la irradiación.

Depuración y reinstalación

Ambos métodos aprovechan la actividad



natural de bombeo de los bivalvos para purgar los microorganismos patógenos presentes en su aparato digestivo mediante su actividad filtradora, reduciendo así la probabilidad de infección (Richards, 2001; Lee y col., 2008). Los procesos de reinstalación y depuración permiten la comercialización del producto vivo o en fresco y, a pesar de que la depuración es a menudo la opción preferida, ambas estrategias se practican ampliamente en todo el mundo (Lees y col., 2010).

La depuración se realiza en depósitos con un suministro de agua de mar limpia y desinfectada y bajo condiciones de funcionamiento específicas y favorables a los moluscos (*Fig. 2*). Existen diferentes sistemas de depuración que incluyen procesos de circuito abierto (donde el agua de mar es recogida y eliminada de manera continua) y circuito cerrado (donde el agua se recicla a través de diferentes sistemas de esterilización y desinfección). Los métodos más comunes de desinfección del agua son mediante cloración, luz UV, ozonización, y yodóforos (Lees, 2000; Richards, 2001).

Bajo condiciones fisiológicas correctas, los bivalvos excretan los contaminantes en sus heces, que se depositan en el fondo del tanque y son retiradas al final del ciclo. El tiempo de depuración aplicado comercialmente es por lo general de 2-3 días (Lees y col., 2010). El buen estado de los bivalvos y su correcto manejo, como evitar temperaturas extremas y golpes, buenas prácticas de cosecha, transporte, lavado, separación de individuos

mueritos etc., son aspectos cruciales para mantener una actividad normal de filtración y por lo tanto una correcta depuración.

Entre los factores que pueden influir en la actividad fisiológica de los bivalvos están: el oxígeno disuelto (se recomienda un mínimo del 50% de saturación



Figura 2. Diferentes tipos de plantas de depuración de moluscos de circuito abierto: en tanques de cemento (A) o en bins apilables (B). (Fotografías de J.L. Romalde).



oxígeno disuelto), la cantidad de molusco en los tanques en relación al volumen de agua (que puede variar según la especie de molusco y el tipo de sistema, y afecta al oxígeno disuelto y la concentración de productos metabólicos), el flujo de agua, la salinidad, temperatura, turbidez (que reduce la eficacia de ciertos métodos de desinfección), o la perturbación de los bivalvos (que produce estrés y afecta a su actividad filtradora) (Lees y col., 2010).

Desde su introducción, hace más de un siglo (Herdman y Scott, 1896), la depuración ha reducido significativamente las enfermedades de etiología bacteriana transmitidas por los bivalvos. Generalmente, las bacterias entéricas son reducidas rápida y eficazmente a niveles no detectables en los periodos de depuración aplicados comercialmente (Richards, 2001). El cumplimiento de estos parámetros bacterianos en el producto final suele ser visto como una evidencia de un diseño de los sistemas de depuración y prácticas operacionales satisfactorias.

Sin embargo, se ha demostrado que la eliminación viral mediante depuración es mucho menos eficiente que la bacteriana (Polo y col., 2014a-d), presumiblemente debido a factores ya mencionados como la unión específica de las partículas virales a ligandos específicos en el tejido digestivo de los moluscos o su internalización en hemocitos o tejido conectivo (Le Guyader y col., 2006b; McLeod y col., 2009a; Romalde y col., 1994; Schwab y col., 1998).

Como consecuencia, los controles bacterianos no aseguran la completa eliminación viral (Doré y Lees, 1995; Jaykus y col., 1994; Loisy y col., 2005; McLeod y col., 2009b; Richards y col., 2010; Schwab y col., 1998; Romalde y col., 2002; Ueki, 2007), hecho evidenciado por los brotes periódicos de enfermedades de etiología viral, principalmente gastroenteritis y hepatitis A, asociados con el consumo de bivalvos depurados que cumplían con todos los requisitos legales (Ang, 1998; Chalmers y McMillan, 1995; Conaty y col., 2000; Grohmann y col., 1981; Heller y col., 1986; Le Guyader y col., 2006a, 2008).

Por otro lado, la reinstalación es un proceso consistente en la transferencia de los moluscos desde las zonas de cultivo contaminadas a otras áreas marinas libres de contaminación. Es un proceso a largo plazo utilizado como una alternativa a la depuración ya que se pueden mantener durante períodos mucho más largos en el medio natural que en los tanques de depuración. Esto hace de la reinstalación un proceso adecuado para tratar los bivalvos con un grado de contaminación más elevado (Richards, 1988). Los principales inconvenientes de la reinstalación son la escasa disponibilidad de zonas costeras adecuadas y libres de contaminación, la obtención de derechos de uso de esas áreas, la dificultad de controlar la calidad y otros parámetros de sus aguas, su vulnerabilidad ante la pesca furtiva, el menor rendimiento comercial del producto debido al aumento de los costes de producción asociados a la manipulación



adicional, y un suministro más dependiente de las variaciones ambientales (Lees y col., 2010; Richards y col., 2010; Choi y Kindsley, 2016).

Tratamiento térmico

El tratamiento térmico parece ser, hasta el momento, el método más eficaz para reducir la capacidad infectiva de los virus en cualquier producto alimenticio, sin embargo no son aplicables para la comercialización del producto en fresco. Se han descrito diversos tratamientos térmicos para el procesamiento de los bivalvos, desde la simple cocción hasta la pasteurización o la esterilización durante el enlatado. Aunque los procesos de tratamiento térmico regulados comercialmente parecen haber demostrado su eficacia en el control de los virus entéricos, no ocurre lo mismo en el ámbito doméstico o de la restauración.

Los cambios organolépticos, debido a una cocción excesiva, resultan en una menor aceptación por parte del consumidor. El cocinado ligero, a pesar de tener un cierto efecto protector contra la contaminación superficial causada por la manipulación, y sobre todo en comparación con otros hábitos como el consumo en crudo, es generalmente inadecuada para la eliminación de virus entéricos presentes en el interior de los tejidos (Lees, 2000; Richards y col., 2010). El tipo de virus y la matriz desempeñan un papel significativo en la sensibilidad viral al calor (Crocì y col., 1999). Además, ciertos componentes o aditivos presentes en los alimentos como un alto contenido en proteínas o grasas pueden estabilizar

el virus, protegiéndolo de la inactivación (Bidawid y col., 2000).

El establecimiento de un tiempo mínimo de cocción para la inactivación completa del virus es difícil, ya que pueden influir muchos factores. La especie de molusco, su composición, su tamaño, el nivel de contaminación, las condiciones y el tipo de cocción y la temperatura final alcanzada en el interior de los tejidos son factores importantes para la inactivación (Hewitt y Greening, 2006; Richards y col., 2010). A pesar de cierta variabilidad en los resultados de diferentes estudios sobre resistencia térmica de los virus en moluscos bivalvos, en líneas generales, parece que una temperatura interna de 90°C mantenida durante 2-3 min es eficaz para la inactivación de NoV y HAV (Flannery y col., 2014; Hewitt y Greening, 2006).

Alta Presión Hidrostática

La HHP (del inglés *High Hydrostatic Pressure*) es un proceso no térmico propuesto como método alternativo para la inactivación de los virus entéricos y otros patógenos resistentes como los ooquistes de *Cryptosporidium parvum* (Kingsley y col., 2002). El producto final mantiene la apariencia, la calidad nutricional, sabor y textura del producto crudo. Además, la HHP facilita el proceso de pelado y extiende la vida útil en refrigeración (Murchie y col., 2005). Estudios con voluntarios llevados a cabo para examinar la eficacia de los tratamientos de HPP para la inactivación de NoV en ostras crudas contaminadas artificialmente, mostraron que una



exposición de las ostras a una presión de 600 MPa a 6°C y durante 5 min previene el riesgo de infección (Leon y col., 2011). De nuevo los resultados pueden variar en función de la especie viral o incluso cepa, duración, temperatura, propiedades de la matriz utilizada, salinidad, pH y contenido de agua (Grove y col., 2009; Tang y col., 2010; Kingsley y col., 2002, 2006, 2007; Kingsley y Chen, 2009). Aún no está claro si las altas presiones requeridas para la reducción de NoV en los moluscos (600 MPa) serán viables desde el punto de vista comercial y/o aceptadas por los consumidores pues induce una apariencia blanquecina y de cocción ligera.

Irradiación

Existen otros métodos pero de incierta o dudosa eficacia para la eliminación de virus en moluscos, como la irradiación UV o radiación ionizante. De nuevo la variabilidad en los resultados entre estudios puede ser atribuida, a la utilización de diferentes virus, especie de molusco, métodos de exposición y composición de la matriz. La radiación UV es eficaz en la reducción viral en la superficie del producto, pero no tiene poder de penetración para inactivar los virus en el interior de los tejidos (de Roda Husman y col., 2004; Richards y col., 2010). En cuanto a la radiación ionizante, los niveles requeridos para inactivar un 90-95% de estos virus (≥ 3 kGy) deteriora las propiedades organolépticas del producto además de tener unos costes elevados (Di Girolamo y col., 1972; Jung y col., 2009; Mallet y col., 1991).

9. CONCLUSIONES

La contaminación viral de moluscos bivalvos, especialmente ostras, sigue siendo un tema de vital importancia tanto desde el punto de vista de salud pública, por las implicaciones en la población, como desde el punto de vista de la acuicultura, por las pérdidas que puede ocasionar al sector.

En los últimos años se han desarrollado mecanismos de análisis específicos y sensibles que han permitido determinar la efectividad de diferentes procesos para el control de esta contaminación. El estudio futuro de estos procesos, incluyendo la depuración, HHP, irradiación, etc, será crucial para asegurar la calidad sanitaria de un producto de alto valor comercial como es la ostra rizada.



Bibliografía

- Acheson, D. W. (1999). Foodborne infections. *Current Opinion in Gastroenterology*, 15: 538-545.
- Ang, L. H. (1998). An outbreak of viral gastroenteritis associated with eating raw oysters. *Communicable Disease and Public Health*, 1: 38-40.
- Anónimo (2004a) Directiva 2004/41/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de Abril de 2004, por la que se derogan determinadas directivas que establecen las condiciones de higiene de los productos alimenticios y las condiciones sanitarias para la producción y comercialización de determinados productos de origen animal destinados al consumo humano y se modifican las Directivas 89/662/CEE y 92/118/CEE del Consejo y la Decisión 95/408/CE del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L195: 12-15.
- Anónimo (2004b) Reglamento (CE) nº 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de Abril de 2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L226: 3-21.
- Anónimo (2004c) Reglamento (CE) nº 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de Abril de 2004, por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L226: 22-82.
- Anónimo (2004d) Reglamento (CE) nº 854/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de Abril de 2004, por el que se establecen normas específicas para la organización de controles oficiales de los productos de origen animal destinados al consumo humano. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L226: 83-127.
- Anónimo (2005) Reglamento (CE) nº 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de noviembre de 2005 relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L338: 1-26.
- Anónimo (2006) Directiva 2006/113/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de Diciembre de 2006, relativa a la calidad exigida a las aguas para cría de moluscos. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L376: 14-20.
- Anónimo (2008) Commission regulation (EC) No 1021/2008 of 17 October 2008 amending Annexes I, II and III to Regulation (EC) No 854/2004 laying down specific rules for the organization of official controls on products of animal origin intended for human consumption and Regulation (EC) No 2076/2005 as regards live bivalve molluscs, certain fishery products and staff assisting with official controls in slaughterhouses. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L277: 15-17.
- Apairemarchais, V., Robertson, B. H., Aubineauferre, V., Leroux, M. G., Leveque, F., Schwartbrod, L. y Billaudel, S. (1995). Direct sequencing of hepatitis A virus strains isolated during an epidemic in France. *Applied Environmental Microbiology*, 61: 3977-3980.
- Appleton, H. y Pereira, M. S. (1977). A possible virus aetiology in outbreaks of food poisoning from cockles. *The Lancet*, 1: 780-781.
- Appleton, H., Palmer, S. R. y Gilbert, R. J. (1981). Foodborne gastroenteritis of unknown aetiology: a virus infection? *British Medical Journal (Clinical Research Ed)*, 282: 1801-1802.
- Atmar, R. L. (2010). Noroviruses-State of the art. *Food and Environmental Virology*, 2: 117-126.
- Bedford, A. J., Williams, G. y Bellamy, A. R. (1978). Virus accumulation by the rock oyster *Crassostrea glomerata*. *Applied and Environmental Microbiology*, 35: 1012-1018.
- Beller, N. (1992). Hepatitis A outbreak in Anchorage, Alaska, traced to ice slush beverages. *Western Journal of Medicine*, 156: 624-627.
- Berg, O., Børsheim, K. Y., Bratbak, G. y Hending, M. (1989). High abundance of viruses found in aquatic environments. *Nature*, 340:467-468.
- Berg, D. E., Kohn, M. A., Farley, T. A. y McFarland, L. M. (2000). Multi-state outbreaks of acute gastroenteritis traced to fecal-



- contaminated oysters harvested in Louisiana. *Journal of Infectious Diseases*, 181: 381-386.
- Bidawid, S., Farber, J.M., Satter, S.A. y Hayward, S. (2000). Heat inactivation of hepatitis A virus in dairy foods. *Journal of Food Protection*, 63: 522-528.
- Bosch, A. (1998). Human enteric viruses in the water environment: A minireview. *International Microbiology*, 1: 191-196.
- Bosch, A., Sánchez, G., Le Guyader, F., Vanaclocha, H., Haugarreau, L. y Pintó, R. M. (2001). Human enteric viruses in coquina clams associated with a large hepatitis A outbreak. *Water Science and Technology*, 43: 61-65.
- Bostock, A. D., Mepham, P. y Phillips, S. (1979). Hepatitis A infection associated with the consumption of mussels. *Journal of Infection*, 1: 171-177.
- Brion, G., Viswanathan, C., Neelakantan, T. R., Lingeridddy, S., Girones, R., Lees, D., Allard, A. y Vantarakis, A. (2005). Artificial neural network prediction of viruses in shellfish. *Applied and Environmental Microbiology*, 71: 5244-5253.
- Chalmers, J. W. T. y McMillan, J. H. (1995). An outbreak of viral gastroenteritis associated with adequately prepared oysters. *Epidemiology and Infection*, 115: 163-167.
- Choi, C. y Kingsley, D. H. (2016). Temperature-dependent persistence of human norovirus within oysters (*Crassostrea virginica*). *Food and Environmental Virology* 8: 141-147.
- Chung, H. y Sobsey, M. D. (1993). Comparative survival of indicator viruses and enteric viruses in seawater and sediment. *Water Science Technology*, 27: 425-428.
- Cliver, D. O. (1994). Epidemiology of viral foodborne disease. *Journal of Food Protection*, 57: 263-266.
- Conaty, S., Bird, P., Bell, G., Kraa, E., Grohmann, G. y McAnulty, J. M. (2000). Hepatitis A in New South Wales, Australia from consumption of oysters: the first reported outbreak. *Epidemiology and Infection*, 124: 121-130.
- Croci, L., Ciccozzi, M., De Medice, D., Di Pasquale, S., Fiore, A., Mele, A. y Toti, L. (1999). Inactivation of hepatitis A virus in heat-treated mussels. *Journal of Applied Microbiology*, 87: 884-888.
- Crowther, J., Kay, D. y Wyer, M. D., (2002). Faecal-indicator concentrations in waters draining lowland pastoral catchments in UK: relations with land use and farming practices. *Water Research*, 36: 1725-1734.
- da Silva, A. K., Le Guyader, F. S., Le Saux, J-C., Pommepuy, M., Montgomery, M. A. y Elimelech, M. (2008). Norovirus removal and particle association in a waste stabilisation pond. *Environmental Science and Technology*, 42: 9151-9157.
- da Silva, A. K., Le Saux, J. C., Parnaudeau, S., Pommepuy, M., Eimelech, M. y Le Guyader, F. S. (2007). Evaluation of removal of noroviruses during wastewater treatment, using real time reverse transcription-PCR: different behaviors of genogroups I and II. *Applied and Environmental Microbiology*, 24: 7891-7897.
- de Roda Husman, A. M., Bijkerk, P., Lodder, W., van den Berg, H., Pribil, W., Cabaj, A., Gehringer, P., Sommer, R. y Duzier, E. (2004). Calicivirus inactivation by nonionizing (253.7-nanometer-wavelength [UV]) and ionizing (gamma) radiation. *Applied and Environmental Microbiology*, 70: 5089-5093.
- Desenclos, J. C. A., Klontz, K. C., Wilder, M. H., Naiman, O. V., Margolis, H. S. y Gunn, R. A. (1991). A multistate outbreak of hepatitis A caused by the consumption of raw oysters. *American Journal of Public Health*, 81: 1268-1272.
- Di Girolamo, R., Liston, J. y Matches, J. (1972). Effects of irradiation on the survival of virus in West Coast oysters. *Applied Microbiology*, 24: 1005-1006.
- Di Girolamo, R., Liston y J., Matches, J. (1977). Ionic binding, the mechanism of viral uptake by shellfish mucus. *Applied and Environmental Microbiology*, 33: 19-25.
- Dolin, R., Blacklow, N. R., DuPont, H., Formal, S., Buscho, R. F., Kasel, J. A., Chames, R. P., Hornick, R. y Chanock, R. M. (1971). Transmission of acute infectious nonbacterial gastroenteritis to volunteers by oral administration of stool filtrates. *Journal of Infectious Diseases*, 123: 307-312.
- Doré, W. J. y Lees, D. N. (1995). Behaviour of *Escherichia coli* and male-specific bacteriophage in environmentally



- contaminated bivalve mollusks before and after depuration. *Applied and Environmental Microbiology*, 61: 2830-2834.
- Doré, W. J., Mackie, M. y Lees, D. N. (2003). Levels of male-specific RNA bacteriophage and *Escherichia coli* in molluscan bivalve shellfish from commercial harvesting areas. *Letters in Applied Microbiology*, 36: 92-96.
- Dowell, S. F., Graves, C., Kirkland, K. B., Cicirello, H. G., Ando, T., Jin, Q., Gentsch, J. R., Monroe, S. S., Humphrey, C. D., Slemper, C., Dwyer, D. M., Meriwether, R. A. y Glass, R. I. (1995). A multistate outbreak of oyster associated gastroenteritis: implications for interstate tracing of contaminated shellfish. *Journal of Infectious Diseases*, 171: 1497-1503.
- Farthing, M. J. G. (1989). *Viruses and the Gut*. Smith Kline & French, Ltd., Welwyn Garden City, Hertfordshire, Gran Bretaña.
- Flannery, J., Rajko-Nenow, P., Winterbourn, J. B., Malham, S. K. y Jones, D. L. (2014). Effectiveness of cooking to reduce Norovirus and infectious F-specific RNA bacteriophage concentration in *Mytilus edulis*. *Journal of Applied Microbiology*, 117: 564-571.
- Fong, T. T. y Lipp, E. K. (2005). Enteric viruses of humans and animals in aquatic environments: health risks, detection, and potential water quality assessment tools. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 69: 357-371.
- Galtsoff, P. S. (1964). The American oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Fishery Bulletin*, 64: 1-480.
- Gerba, C. P. (2000). Assessment of enteric pathogen shedding by bathers during recreational activity and its impact on water quality. *Quantitative Microbiology*, 2: 55-68.
- Gill, O. N., Cubitt, W. D., Mcswiggan, D. A., Watney, B. M., Bartlett, C. L. R. (1983). Epidemic of gastroenteritis caused by oysters contaminated with small round structured viruses. *British Medical Journal*, 287: 1532-1534.
- Glass, R. I., Gentsch, J. R. y Ivanoff, B. (1996). New lessons for rotavirus vaccines. *Science*, 272: 46-48.
- Gourmelon, M., Lazure, P., Hervio-Heath, D., Le Saux, J. C., Caprais, M. P., Le Guyader, F. S., Catherine, M. y and Pommepuy, M. (2010). Microbial modelling in coastal environments and early warning systems: useful tools to limit shellfish microbial contamination. In: *Safe Management of Shellfish and Harvest Waters*. G. Rees, K. Pond, D. Kay, J. Bartram y J. Santo Domingo (eds.). WHO. IWA Publishing. London, Gran Bretaña. 297-318 pp.
- Greninger, A. L., Runckel, C., Chiu, C. Y., Haggerty, T., Parsonnet, J., Ganem, D. y DeRisi, J. L. (2009). The complete genome of klassevirus. A novel picornavirus in pediatric stool. *Virology*, 6: 82.
- Grohmann, G. S., Murphy, A. M., Christopher, P. J., Auty, E. y Greenberg, H. B. (1981). Norwalk virus gastroenteritis in volunteers consuming depurated oysters. *Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science*, 59: 219-228.
- Grove, S. F., Lee, A., Stewart, C. M. y Ross, T. (2009). Development of a high pressure processing inactivation model for hepatitis A virus. *Journal of Food Protection*, 72: 1434-1442.
- Guillois-Bécel, Y., Couturier, E., Le Saux, J. C., Roque-Afonso, A. M., Le Guyader, F. S., Le Goas, A., Pernès, J., Le Behec, S., Briand, A., Robert, C., Dussaix, E., Pommepuy, M. y Vaillant, V. (2009). An oyster-associated hepatitis A outbreak in France in 2007. *Eurosurveillance*, 14: 1-6.
- Gunn, R. A., Janowski, H. T., Lieb, S., Prather, E. C. y Greenberg, H. B. (1982). Norwalk virus gastroenteritis following raw oyster consumption. *American Journal of Epidemiology*, 115: 348-351.
- Halliday, M. L., Kang, L. Y., Zhou, T. K., Hu, M. D., Pan, Q. C., Fu, T. Y., Huang, Y. S. y Hu, S. L. (1991). An epidemic of Hepatitis A attributable to the ingestion of raw clams in Shanghai China. *Journal of Infectious Diseases*, 164: 852-859.
- Haramoto, E., Katayama, H., Oguma, K., Yamashita, H., Tajima, A., Nakajima, H. y Ohgaki, S. (2006). Seasonal profiles of human noroviruses and indicator bacteria in a wastewater treatment plant in Tokyo, Japan. *Water Science and Technology*, 54: 301-308.
- Heller, D., Gill, O. N., Raynham, E., Kirkland, T., Zadick, P. M. y Stabwell-Smith, R. (1986). An outbreak of gastrointestinal



- illness associated with consumption of raw depurated oysters. *British Medical Journal*, 292: 1726-1727.
- Herdman, W. A. y Scott, A. (1896). Report on the investigations carried out in 1895 in connection with the Lancashire Sea-Fisheries Laboratory at the University College, Liverpool. *Proceedings and Transactions of Liverpool Biological Society*, 10: 103-174.
- Hewitt, J. y Greening, G. E. (2006). Effect of heat treatment on hepatitis A virus and norovirus in New Zealand greenshell mussels (*Perna canaliculus*) by quantitative real-time reverse transcription PCR and cell culture. *Journal of Food Protection*, 69: 2217-2223.
- Iizuka, S., Oka, T., Tabara, K., Omura, T., Katayama, K., Takeda, N. y Noda, M. (2010) Detection of sapoviruses and noroviruses in an outbreak of gastroenteritis linked genetically to shellfish. *Journal of Medical Virology*, 82: 1247-1254.
- International Organization for Standardization (ISO) (2013). ISO/TS 15216-1:2013-03: Microbiology of food and animal feed—Horizontal method for determination of hepatitis A virus and norovirus in food using real-time RT-PCR—Part 1: Method for quantification.
- Iwai, M., Hasegawa, S., Obara, M., Nakamura, K., Horimoto, E., Takizawa, T., Kurata, T., Sogen, S.-I. y Shiraki, K. (2009). Continuous presence of noroviruses and sapoviruses in raw sewage reflects infections among inhabitants of Toyoma, Japan (2006 to 2008). *Applied Environmental Microbiology*, 75: 1264-1270.
- Jaykus, L. A., Hemard, M. T., Sobsey, M. D. (1994). Human enteric pathogenic viruses. In: *Environmental Indicators and Shellfish Safety*. C.R. Hackney, M.D. Pierson (eds.). Chapman and Hall. New York, Estados Unidos. 92-153 pp.
- Jubb, G. (1915). The third outbreak of epidemic poliomyelitis at West Kirby. *The Lancet*, 1: 67.
- Jung, P. M., Park, J. S., Park, J. G., Park, J. N., Han, I. J., Song, B. S., Choi, J., Kim, J.-H., Byun, M.-W., Baek, M., Chung, Y.-J. y Lee, J.-W. (2009). Radiation sensitivity of poliovirus, a model for norovirus, inoculated in oysters (*Crassostrea gigas*) and culture broth under different conditions. *Radiation physics and Chemistry*, 78: 597-599.
- Kapikian, A. Z., Wyatt, R. G., Dolin, R., Thornhill, T. S., Kalica, A. R. y Chanock, R. M. (1972). Visualization by immune electron microscopy of a 27-nm particle associated with acute infectious nonbacterial gastroenteritis. *Journal of Virology*, 10: 1075-1081.
- Khan, A. S., Moe, C. L., Glass, R. I., Monroe, S. S., Estes, M. K., Chapman, L. E., Jiang, X., Humphrey, C., Pon, E. y Iskander, J. K. (1994). Norwalk virus-associated gastroenteritis traced to ice consumption aboard a cruise ship in Hawaii: comparison and application of molecular method-based assays. *Journal of Clinical Microbiology*, 32: 318-322.
- Kingsley, D. H. y Chen, H. (2009). Influence of pH, salt, and temperature on pressure inactivation of hepatitis A virus. *International Journal of Food Microbiology*, 130: 61-64.
- Kingsley, D. H., Guan, D., Hoover, D. G. y Chen, H. (2006). Inactivation of hepatitis A virus by high-pressure processing: the role of temperature and pressure oscillation. *Journal of Food Protection*, 69: 2454-2459.
- Kingsley, D. H., Holliman, D. R., Calci, K. R., Chen, H. y Flick, G. J. (2007). Inactivation of a norovirus by high-pressure processing. *Applied and Environmental Microbiology*, 73: 581-585.
- Kingsley, D. H., Hoover, D. G., Papafragkou, E., Richards, G. P. (2002). Inactivation of hepatitis A virus and calicivirus by high hydrostatic pressure. *Journal of Food Protection*, 65: 1605-1609.
- Kohn, M. A., Farley, T. A., Ando, T., Curtis, M., Wilson, S. A., Monroe, S. S., Baron, R. C., MacFarland, L. M. y Glass, R. I. (1995). An outbreak of Norwalk virus gastroenteritis associated with eating raw oysters. *Journal of American Medical Association*, 273: 466-471.
- Koopmans, M. y Duizer, E. (2004). Foodborne viruses: an emerging problem. *International Journal of Food Microbiology*, 90: 23-41.
- Le Guyader, F. S. y Atmar, R. L. (2008). Binding and inactivation of viruses on and in food, with focus on the role of the



- matrix. En: Food-Borne Viruses: Progress and Challenges. M. P. G. Koopmans, D. O. Cliver, y A. Bosch (eds.). ASM Press, Washington DC, Estados Unidos. 189-208 pp.
- Le Guyader, F. S., Bon, F., de Medici, D., Parnaudeau, S., Bertone, A., Crudeli, S., Doyle, A., Zidane, M., Suffredini, E., Kohli, E., Maddalo, F., Monini, M., Gallay, A., Pommepuy, M., Pothier, P. y Ruggeri, F. M. (2006a). Detection of multiple noroviruses associated with an international gastroenteritis outbreak linked to oyster consumption. *Journal of Clinical Microbiology*, 44: 3878-3882.
- Le Guyader, F. S., Krol, J., Ambert-Balay, K., Ruvoen-Clouet, N., Desaubliaux, B., Parnaudeau, S., Le Saux, J-C., Ponge, A., Pothier, P., Atmar, R. L. y Le Pendu, J. (2010). Comprehensive analysis of a norovirus-associated gastroenteritis outbreak, from the environment to the consumer. *Journal of Clinical Microbiology*, 48: 915-920.
- Le Guyader, F. S., Le Saux, J-C., Ambert-Balay, K., Krol, J., Serais, O., Parnaudeau, S., Giraudon, H., Delmas, G., Pommepuy, M., Pothier, P. y Atmar, R. L. (2008). Aichi virus, norovirus, astrovirus, enterovirus and rotavirus involved in clinical cases from a French oyster-related gastroenteritis outbreak. *Journal of Clinical Microbiology*, 46: 4011-4017.
- Le Guyader, F. S., Loisy, F., Atmar, R. L., Hutson, A. M., Estes, M. K., Ruvoen-Clouet, N., Pommepuy, M. y Le Pendu, J. (2006b). Norwalk virus specific binding to oyster digestive tissues. *Emerging Infectious Diseases*, 12: 931-936.
- Le Saux, J. C., Derolez, V., Brest, G., Le Guyader, F. S. y Pommepuy, M. (2006). Developing a strategy to limit shellfish viral contamination. En: *Proceedings of the ICMSS 5th International Conference*. Galway, Irlanda. 342-349 pp.
- Lee, R., Lovatelli, A. y Ababouch, L. (2008). Bivalve depuration: fundamental and practical aspects. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 511. Rome, Italia.
- Lees, D., Younger, A. y Doré, B. (2010). Depuration and relaying. En: *Safe Management of Shellfish and Harvest Waters*. G. Rees, K. Pond, D. Kay, J. Bartram, y J. Santo Domingo, J.S. (Eds.). WHO. IWA Publishing. London, Gran Bretaña. 145-182 pp.
- Lees, D. N. (2000). Viruses and bivalve shellfish. *International Journal of Food Microbiology*, 59: 81-116.
- Leon, J. S., Kingsley, D. H., Montes, J. S., Richards, G. P., Marshall-Lyon, G., Abdulhafid, G. M., Seitz, S. R., Fernandez, M. L., Teunis, P. F., Flick, G. J. y Moe, C. L. (2011). Randomized, double-blinded clinical trial for human norovirus inactivation in oysters by high hydrostatic pressure processing. *Applied and Environmental Microbiology*, 77: 5476-5482.
- Linco, S. J. y Grohmann, G. S. (1980) The Darwin outbreak of oyster-associated viral gastroenteritis. *Medical Journal of Australia*, 1: 211-213.
- Loisy, F., Atmar, R. L., Le Saux, J. C., Cohen, J., Caprais, M. P. y Pommepuy, M. (2005). Rotavirus virus like particles as surrogates to evaluate virus persistence in shellfish. *Applied and Environmental Microbiology*, 71: 6049-6053.
- Maalouf, H., Pommepuy, M. y Le Guyader, F. S. (2010). Environmental conditions leading to shellfish contamination and related outbreaks. *Food and Environmental Virology*, 2: 136-145.
- Malfait, P., Lopalco, P. L., Salmaso, S., Germinario, C., Salamina, G., Quarto, M., Barbuti, S., Cipriati, R., Mundo, A. y Pesone, G. (1996) An outbreak of hepatitis A in Puglia, Italy. *Eurosurveillance*, 1: 33-35.
- Mallet, J. C., Beghian, L. E., Metcalf, T. G. y Kaylor, J. D. (1991). Potential of irradiation technology for improved shellfish sanitation. *Journal of Food Safety*, 11: 231-245.
- Manso, C. F. y Romalde, J. L. (2013). Detection and characterization of hepatitis A virus and norovirus in mussels from Galicia (NW Spain). *Food and Environmental Virology*, 5: 110-118.
- Manso, C.F. y Romalde, J. L. (2014). Molecular epidemiology of norovirus from patients with acute gastroenteritis in northwestern Spain. *Epidemiology and Infection*, 17: 1-9.
- Maranger, R. y Bird, D. (1995). Viral abundance in aquatic systems: a comparison between marine and fresh waters. *Marine*



- Ecology Progress Series, 121: 217-226.
- Maunula, L., Miettinen, I. T. y von Bonsdorff, C. H. (2007). Norovirus outbreaks from drinking water. *Emerging Infectious Diseases*, 11: 1716-1721.
- McLeod, C., Hay, B., Grant, C., Greening, G. y Day, D. (2009a). Localization of norovirus and poliovirus in Pacific oysters. *Journal of Applied Microbiology*, 106: 1220-1230.
- McLeod, C., Hay, B., Grant, C., Greening, G. y Day, D. (2009b). Inactivation and elimination of human enteric viruses by Pacific oysters. *Journal of Applied Microbiology*, 107: 1809-1818.
- Mead, P. S., Slutsker, L., Dietz, V., McCaig, L. F., Bresee, J. S., Shapiro, C., Griffin, P. M. y Tauxe, R. V. (1999). Food-related illness and death in the United States. *Emerging Infectious Diseases*, 5: 607-625.
- Morse, D. L., Guzewich, J. J., Hanrahan, J. P., Stricof, R., Shayegani, M., Deibel, R., Grabau, J. C., Nowak, N. A., Herrmann, J. E., Cukor, G. y Blacklow, N. R. (1986). Widespread outbreaks of clam and oyster associated gastroenteritis. Role of Norwalk virus. *New England Journal of Medicine*, 314: 678-681.
- Murchie, L., Cruz-Romero, M., Kerry, J. P., Linton, M., Patterson, M. F., Smiddy, M. y Kelly, A. L. (2005). High pressure processing of shellfish: a review of microbiological and other quality aspects. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6: 257-270.
- Murphy, A., Grohmann, G., Cristopher, P., Lopez, W., Davey, G. y Millsom, R. (1979). An Australia-wide outbreak of gastroenteritis from oysters caused by norwalk virus. *Medical Journal of Australia*, 2: 329-333.
- Nappier, S. P., Graczyk, T. K. y Schwab, K. J. (2008). Bioaccumulation, retention, and depuration of enteric viruses by *Crassostrea virginica* and *Crassostrea ariakensis* oysters. *Applied and Environmental Microbiology*, 74: 6825-6831.
- Nenonen, N. P., Hannoun, C., Olsson, M. B. y Bergstrom, T. (2009). Molecular analysis of an oyster-related norovirus outbreak. *Journal of Clinical Virology*, 45: 105-108.
- Okoh, A. I., Sibanda, T. y Gusha, S. S. (2010). Inadequately treated wastewater as a source of human enteric viruses in the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7: 2620-2637.
- Pintó, R. M., Costafreda, M. I. y Bosch, A. (2009). Risk Assessment in Shellfish-Borne Outbreaks of Hepatitis A. *Applied and Environmental Microbiology*, 75: 7350-7355.
- Polo, D., Vilariño, M. L., Manso, C. F. y Romalde, J. L. (2010). Imported mollusks and dissemination of human enteric viruses. *Emerging Infectious Diseases*, 16: 1036-1038.
- Polo, D., Álvarez, C., Vilariño, M. L., Longa, A. y Romalde, J. L. (2014a). Depuration kinetics of Hepatitis A virus in clams. *Food Microbiology*, 39: 103-107.
- Polo, D., Álvarez, C., Darriba, S., Longa, A. y Romalde, J. L. (2014b). Viral elimination during commercial depuration of shellfish. *Food Control*, 43: 206-212.
- Polo, D., Álvarez, C., Longa, A. y Romalde, J. L. (2014c). Depuration effectiveness for hepatitis A virus removal from mussels. *International Journal of Food Microbiology*, 180: 24-29.
- Polo, D., Feal, X., Varela, M. F., Monteagudo, A. y Romalde, J. L. (2014d). Depuration kinetics of murine norovirus in shellfish. *Food Research International*, 64: 182-187.
- Polo, D., Feal, X. y Romalde, J. L. (2015). Mathematical model for viral depuration kinetics in shellfish: a useful tool to estimate the risk for the consumers. *Food Microbiology*, 49: 220-225.
- Pommepey, M., Hervio-Heath, D., Caprais, M-P., Gourmelon, M., Le Saux, J-C. y Le Guyader, F. S. (2005). Fecal contamination in coastal areas: an engineering approach. En: *Oceans and Health, Pathogens in the marine environment*. S. Belkin y R.R. Colwell (eds.). Springer, New York, Estados Unidos. 331-360 pp.
- Provost, K., Dancho, B. A., Ozbay, G., Anderson, R. S., Richards, G. P. y Kingsley, D. H. (2011). Hemocytes are sites of enteric



- virus persistence within oysters. *Applied and Environmental Microbiology*, 77: 8360-8369.
- Richards, G. P. (1985) Outbreaks of shellfish-associated enteric virus illness in the United States: requisite for development of viral guidelines. *Journal of Food Protection*, 48:815-823.
- Richards, G. P. (1988). Microbial purification of shellfish a review of depuration and relaying. *Journal of Food Protection*, 51: 218-251.
- Richards, G. P. (2001). Food-borne pathogens: enteric virus contamination of foods through industrial practices: a primer on intervention strategies. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 27: 117-125.
- Richards, G. P., McLeod, C. y Le Guyader, F. S. (2010). Processing Strategies to Inactivate Enteric Viruses in Shellfish. *Food and Environmental Virology*, 2: 183-193.
- Rippey, S. R. (1994). Infectious diseases associated with molluscan shellfish consumption. *Clinical Microbiology Reviews*, 7: 419-429.
- Rodríguez de la Rúa, A., González de Canales, M. L. y Sarasquete, C. (2002). Estudio histomorfológico del aparato digestivo y distribución histoquímica de carbohidratos en el ostión *Crassostrea angulata* (Lamarck, 1819). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 18: 329-336.
- Romalde, J. L., Area, E., Sánchez, G., Ribao, C., Torrado, I., Abad, X., Pintó, R. M., Barja, J. L. y Bosch, A. (2002). Prevalence of enterovirus and hepatitis A virus in molluscs from Galicia (NW Spain). Inadequacy of the EU standards of microbiological quality. *International Journal of Food Microbiology*, 74: 119-130.
- Romalde, J. L., Estes, M. K., Szücs, G., Atmar, R. L., Woodley, C. M. y Metcalf, T. G. (1994). In situ detection of hepatitis A virus in cell cultures and shellfish tissues. *Applied and Environmental Microbiology*, 60: 1921-1926.
- Romalde, J. L., Torrado, I., Ribao, C. y Barja, J. L. (2001). Global market: shellfish imports as source of re-emerging hepatitis A virus in Spain. *International Microbiology*, 4: 223-226.
- Roos, B. (1956). Hepatitis epidemic conveyed by oysters. *Svensk Lakartidn*, 53: 989-1003.
- Rosenthal, P. (1998). Hepatitis A vaccine: current indications. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 27: 111-113.
- Sánchez, G., Pintó, R., Vanaclocha, H. y Bosch, A. (2002). Molecular characterization of hepatitis A virus isolates from a transcontinental shellfish-borne outbreak. *Journal of Clinical Microbiology*, 40: 4148-4155.
- Schwab, K. J., Neill, F. H., Estes, M. K., Metcalf, T. G. y Atmar, R. L. (1998). Distribution of norwalk virus within shellfish following bioaccumulation and subsequent depuration by detection using RT-PCR. *Journal of Food Protection*, 61: 1674-1680.
- Schwartzbrod, L. (1995). Level of viral contamination in aquatic environments. In: *Effect of human viruses on public health associated with the use of wastewater and sludge in agriculture and aquaculture*. World Health Organization. Geneva, 5-14.
- Shieh, Y. C., Khudyakov, Y. E., Ganova-Raeva, L. M., Khambaty, F. M., Woods, J. W., Veazey, J. E., Motes, M. L., Glatzer, M. B., Bialek, S. R. y Fiore, A. E. (2007). Molecular confirmation of oysters as the vector for hepatitis A in a 2005 multistate outbreak. *Journal of Food Protection*, 70: 145-150.
- Tang, Y. W., Wang, J. X., Xu, Z. Y., Guo, Y. F., Qian, W. H., Xu, J. X. (1991). A serologically confirmed case-control study of a large outbreak of hepatitis A in China associated with consumption of clams. *Epidemiology and Infection*, 107: 651-658.
- Tang, Q., Li, D., Xu, J., Wang, J., Zhao, Y., Li, Z. y Xue, C. (2010). Mechanism of inactivation of murine norovirus-1 by high pressure processing. *International Journal of Food Microbiology*, 137: 186-189.
- Tian, P., Engelbrekton, A. L., Jiang, X., Zhong, W. y Mandrell, R. E. (2007). Norovirus recognizes histo-blood group antigens on gastrointestinal cells of clams, mussels, and oysters: a possible mechanism of bioaccumulation. *Journal of Food*



- Protection, 70: 2140-2147.
- Tierney, J. T., Sullivan, R., Peeler, J. T. y Larkin, E. P. (1982). Persistence of poliovirus in shellstock and shucked oysters stored at refrigeration temperature. *Journal of Food Protection*, 45: 1135-1137.
- Ueki, Y., Shoji, M., Suto, A., Tanabe, T., Okimura, Y., Kikuchi, Y., Saito, N., Sano, D. y Omura, T. (2007). Persistence of Caliciviruses in artificially contaminated oysters during depuration. *Applied and Environmental Microbiology*, 73: 5698-5701.
- Westrel, T., Dusch, V., Ethelberg, S., Harris, J., Hjertqvist, M., Jourdan-da Silva, N., Koller, A., Lenglet, A., Lisby, M. y Vold, L. (2010). Norovirus outbreaks linked to oyster consumption in the United Kingdom, Norway, France, Sweden and Denmark. *EuroSurveillance*, 15: 19524.



Antonio Rodríguez Fernández es Licenciado y Doctor C.C. Biológicas por la Universidad de Santiago de Compostela. Funcionario de la Administración Autonómica desde el año 1994, desempeñó diversos puestos siempre vinculados a la Consellería con competencias en el ámbito marítimo pesquero. En la actualidad, y desde el año 2010, es Subdirector general de Pesca y Mercados de la Pesca con responsabilidades en los ámbitos de primera venta y promoción de los productos pesqueros, estadísticas oficiales de la Consellería del Mar, así como en lo relativo a la gestión de la pesca en aguas competencia de la Comunidad Autónoma. Es autor de numerosas publicaciones relacionadas con el ámbito pesquero, en especial con la comercialización de la pesca artesanal, y ha impartido numerosos cursos y conferencias en distintos foros autonómicos, nacionales e internacionales.



CAPÍTULO 6

La comercialización de los productos pesqueros: la ostra rizada.

Antonio Rodríguez Fernández

Dirección General de Pesca, Acuicultura e Innovación Tecnológica. Consellería del Mar. Xunta de Galicia.

antonio.rodriguez.fernandez@xunta.gal



RESUMEN

En este capítulo se realiza una breve revisión de los principales factores que inciden en la comercialización actual de los productos pesqueros y en concreto se analizan como estas nuevas formas de distribución de los productos procedentes de la pesca y la acuicultura inciden en el consumo y la demanda comercial de las dos especies de ostra cultivadas en Galicia: la ostra plana (*Ostrea edulis*) y la ostra rizada (*Crassostrea gigas*). Se consideran las peculiaridades comerciales que tiene la comercialización de estos dos tipos de ostras y se constatan las diferencias entre ellas a la hora de su comercialización. Finalmente, se analizan las nuevas tendencias en el consumo de este tipo de productos y se proponen alternativas tendentes a mejorar su demanda, con sistemas de comercialización adecuados para llegar e incrementar el consumo tanto a los segmentos de población que ya las consumen en la actualidad, así como a aquellos otros grupos potenciales.

Palabras clave: *Productos pesqueros, Comercialización, Pautas de consumo, Retos del sector.*



1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente España ocupa una posición relevante a nivel mundial en el sector de la pesca y la acuicultura y, como consecuencia, la comercialización de los productos pesqueros, se ha convertido en una actividad económica de enorme importancia y en permanente evolución. Sin embargo, en los últimos años, el ritmo de esa transformación se ha incrementado notablemente dando lugar a cambios radicales en la estructura de los mercados pesqueros que se reflejan en un aumento del grado de complejidad de los flujos comerciales y en la aparición de nuevos agentes en el sector con una mayor diversificación tanto del suministro como de la distribución de los productos pesqueros.

Indudablemente el cambio producido en nuestro país en materia de comercio pesquero no es un hecho aislado ya que esa transformación ha tenido lugar a escala mundial y, sin duda, debemos achacarlo en términos generales a la creciente globalización de los mercados y al progresivo aumento de la liberalización de los productos de la pesca y de la acuicultura (González Laxe, 2000). Otro factor importante es el aumento constante de la acuicultura, que está favoreciendo el incremento de intercambios comerciales con países terceros (Cruz Ferreiro y Noguera Méndez, 1999).

En la misma línea, el aumento de la demanda

de los productos pesqueros por parte de los países desarrollados junto con las exportaciones crecientes en materia pesquera y acuícola de los países en desarrollo, que ven en ello una oportunidad legítima de mejora de sus condiciones de vida (Rodríguez Fernández, 2010), se han visto favorecidos por un desarrollo logístico y de transporte de mercancías, que permite enviar productos a bajo coste a cualquier lugar del mundo.

Por último, los fuertes procesos de concentración por parte de la distribución (Langreo, 2009) o el aumento de los costes de suministros, laborales, comerciales, etc, han venido a complicar todavía más el panorama comercial, propiciando una auténtica revolución en el sector de la que se hace difícil predecir sus verdaderas consecuencias pero que ha dado lugar, sin duda alguna, a un descenso más o menos generalizado de los precios en origen y a un aumento de la competencia, convirtiendo en un verdadero reto la comercialización de los productos pesqueros.

En el ámbito pesquero, Galicia sigue bastante de cerca la pauta de los movimientos internacionales, de hecho sigue siendo una referencia significativa tanto en términos de producción como de comercio, en los que Galicia representa la mayor participación dentro del Estado español, marcando las tendencias de comportamiento de España en el ámbito tanto comunitario como de terceros países.



2. LA PRODUCCIÓN ACUÍCOLA EN GALICIA

Las especiales condiciones ambientales de la costa gallega, junto con los factores económicos y sociales, hicieron de Galicia un lugar privilegiado donde se cultivan una gran variedad de especies marinas. Es por ello que la acuicultura gallega juega un importante papel tanto en el ámbito nacional como internacional, ocupando los primeros

puestos tanto en la producción de mejillón como de rodaballo. Entre estas dos especies aportaron en el año 2015 más de 270.000 Tm con un valor superior a 159 millones de euros en primera venta (Tabla 1).

Con relación al cultivo de ostras, a pesar de presentar unas cifras mucho más modestas, éste sigue ocupando una posición de relevancia en

Tabla 1. Datos generales de producción y precio de la acuicultura marina en Galicia en el año 2015. (Xunta de Galicia, 2016).

Datos generales de acuicultura marina gallega en 2015					
	kg	%	Euros	%	Euros/kg
Bivalvos	267.229.740	97,16%	134.568.490	72,08%	0,5
Almeja babosa	353.415	0,13%	4.195.093	2,25%	11,87
Almeja fina	201.045	0,07%	4.614.585	2,47%	22,95
Almeja japonesa	1.178.062	0,43%	8.531.414	4,57%	7,24
Berberecho	545.224	0,20%	2.075.705	1,11%	3,81
Mejillón	264.109.327	96,02%	112.446.662	60,23%	0,43
Mejillón (parques de cultivo)	10.158	0,00%	19.312	0,01%	1,9
Ostra plana	435.971	0,16%	2.050.542	1,10%	4,7
Ostra rizada	395.372	0,14%	629.883	0,34%	1,59
Volandeira	1.165	0,00%	5.295	0,00%	4,55
Cefalópodos	239	0,00%	1.433	0,00%	6
Pulpo	239	0,00%	1.433	0,00%	6
Peces	7.813.319	2,84%	52.111.230	27,91%	6,67
Lenguado	356.092	0,13%	3.349.328	1,79%	9,41
Besugo	104.102	0,04%	1.041.573	0,56%	10,01
Rodaballo	7.345.340	2,67%	47.685.993	25,54%	6,49
Salmón	7.786	0,00%	34.337	0,02%	4,41
Total	275.043.298	100,00%	186.681.154	100,00%	0,68



la acuicultura gallega, superando en el año 2015 las 830 Tm, procedentes de la ostra plana (*Ostrea edulis*) (435,9 Tm) y de la ostra rizada (*Crassostrea gigas*) (395,3 Tm), lo que supuso un valor en primera venta de más de 2.680.000 €.

La ostra plana, cuya producción se situaba en el año 2010 muy cerca de las 900 Tm, ha venido desde entonces sufriendo un fuerte y continuo retroceso que llevó su producción hasta el entorno de las 400 Tm en el año 2013, manteniéndose en esas cifras desde entonces. Por su parte, la ostra rizada después de una importante disminución en el año 2010, permanece estable desde entonces en el entorno de las 400 Tm.

En lo relativo a su precio medio en primera venta, la ostra plana presenta una gran estabilidad, en contraposición a la ostra rizada, en la que se observan variaciones de precios en función de la producción tanto la procedente de los cultivos de las rías gallegas como en el caso de las ostras cultivadas en Francia (Fig. 1). Este comportamiento diferencial entre ambas especies podría deberse a que, en el mismo mercado genérico (ostricultura), la ostra plana y la ostra rizada tienen elasticidades/precio diferentes. Es decir que ambas especies podrían suponer diferentes segmentos con diferentes elasticidades, donde la ostra plana representa un mercado más fiel y de alguna manera menos sensible al precio,

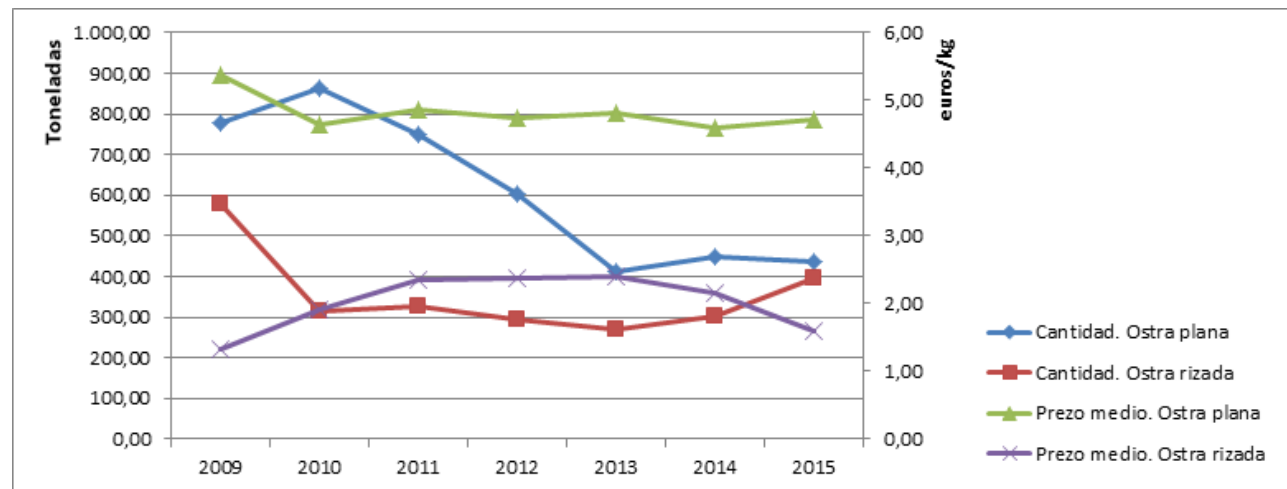


Figura 1. Comparativa de la evolución de la producción y precio alcanzado por la ostra plana y la ostra rizada desde 2009 a 2015. (Xunta de Galicia, 2016).



mientras que la ostra rizada se comportaría de un modo opuesto, con unos consumidores muy sensibles a la variación de precios (Kinnucan y Wessells, 1997).

Según datos de la Xunta de Galicia, la práctica totalidad de la producción de ostra cultivada se obtiene de un total de 121 bateas, número que difiere notablemente de las 294 bateas de ostra autorizadas en Galicia. Esta diferencia entre el número de bateas autorizadas para el cultivo y el número de bateas productoras se debe fundamentalmente a que muchas de esas bateas son usadas para fases previas al engorde final y por lo tanto no se reportan ventas en ellas y, por otra parte, a que muchas de esas bateas (121) también tienen autorización para el cultivo del mejillón (policultivo), dedicándose en la actualidad a esta especie.

La distribución de las bateas autorizadas para el cultivo de ostra corresponde fundamentalmente a las Rías de Arousa (Cambados /O Grove) y Vigo (Cangas), tal y como se indica en la *Tabla 2*. Esta tradición productora de las Rías de Arousa y Vigo, se debe fundamentalmente a las condiciones ambientales y culturales que han potenciado el cultivo de éstas especies. Asimismo, del total de concesiones para el cultivo de la ostra en Galicia 108 están autorizadas solo para el cultivo de la ostra plana, otras 108 lo están solo para el cultivo de ostra rizada y 78 para ambas especies. Complementariamente 121 de estas

Tabla 2. Distribución de las bateas dedicadas al cultivo de ostra.

Distrito	Nº de bateas
Baiona	11
Cambados	114
Cangas	55
Caramiñal	15
Muros	3
Noia	6
O Grove	52
Redondela	22
Ribeira	2
Sada	1
Vilagarcía	13
TOTAL	294

bateas también están autorizadas para el cultivo del mejillón.

Finalmente, con respecto a la titularidad de las bateas dedicadas al cultivo de la ostra, los datos nos indican una propiedad muy atomizada, en la que los pequeños productores (con una o dos bateas) representan el 50% de las concesiones (*Tabla 3*). En ese sentido el 38,8% corresponden a titulares con una sola batea, el 43,2% corresponden a titulares que tienen entre 2 y 5 bateas y solo el 18% restante representan a titulares que tienen más de 5 bateas.

La estrategia productiva del cultivo de ostra en Galicia, ha dado un vuelco en los últimos años,



Tabla 3. Titularidad de las bateas dedicadas al cultivo de ostra.

Nº de bateas por titular	Nº de casos	Nº total de bateas
1	114	114
2	32	64
3	11	33
4	5	20
5	2	10
7	1	7
8	1	8
9	1	9
13	1	13
16	1	16
TOTAL	169	294

debido a que el cultivo de ostra plana en Galicia se ha limitado al engorde en batea de ejemplares de talla próxima a la comercial durante un período de tiempo menor a un año con el objetivo de minimizar las pérdidas debidas a la mortalidad causada por la bonamiosis (Montes y col., 2003). En este sentido la ostricultura gallega ha ido realizando una progresiva sustitución de una parte del cultivo de ostra plana por cultivos alternativos y complementarios como el de la ostra rizada (López Veiga y col., 1992).

3. LA COMERCIALIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE LA ACUICULTURA MARINA. EL CASO DE LA OSTRA

En España, como en el resto de Europa, la comercialización de los productos de la acuicultura marina (Fig. 2) se inicia en los propios centros de producción y representa menor complejidad que el de la pesca fresca debido, fundamentalmente, a la negociación directa con los productores. En el caso de la acuicultura de moluscos y en concreto en la ostricultura, se deberá tener en cuenta el papel de las depuradoras y centros de expedición en todo el proceso, debido fundamentalmente a la obligación de depurar los moluscos antes de su puesta en el mercado cuando estas proceden de zonas B.

La función de este tipo de establecimientos va más allá de la simple depuración de los moluscos para su puesta en el mercado, ya que en el sector depurador ha tenido lugar un importante proceso de integración de la cadena de suministro, tanto hacia atrás, ya que muchas depuradoras tienen concesiones administrativas para el cultivo de ostra en batea, como hacia adelante, convirtiéndose en centrales de compra, actuando como mayoristas, concentrando la oferta facilitando el acceso de los pequeños productores de ostra al mercado local, pero también al mercado nacional e internacional. Este paso de simples prestatarios de servicios (depuración y expedición de moluscos) al ejercicio de una actividad de mayoreo y posterior distribución ya citada por algunos autores (Fernández Polanco y



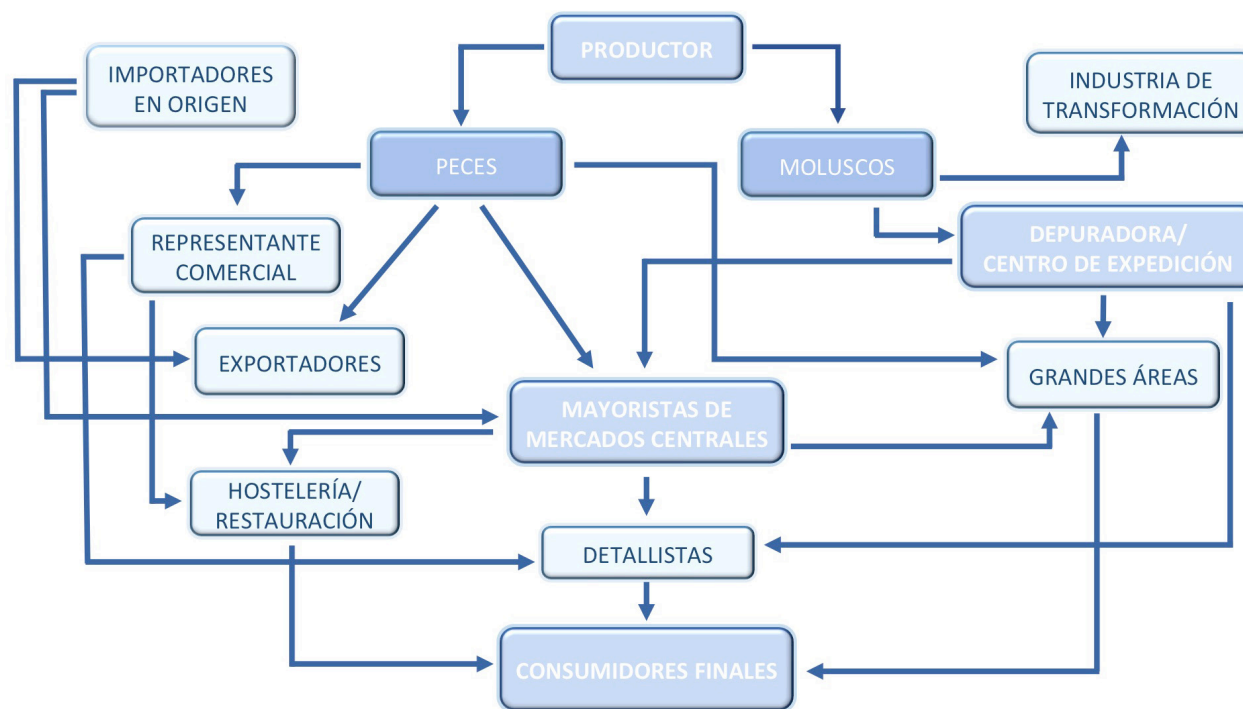


Figura 2. Flujo de distribución de los productos de la acuicultura.

col. 2002) en la que adquieren la práctica totalidad de las ostras producidas en Galicia, supone en cierta medida una ventaja para el pequeño productor, que podrá llegar más allá de su mercado local a costes reducidos ya que de otra forma a ellos les habría sido imposible asumir las costosas inversiones necesarias para poder comercializar sus productos de una forma directa.

Es por ello que el papel que tradicionalmente vienen realizando las depuradoras de moluscos resulta de especial relevancia, principalmente en un contexto de propiedad muy atomizada de las bateas productoras de ostra, de las características percederas del producto y la estacionalidad de la producción.



4. HÁBITOS DE CONSUMO DE LA OSTRA EN ESPAÑA

En la actualidad en la mayoría de los mercados europeos y especialmente en el mercado español las ostras se consumen crudas, no existiendo ninguna otra forma de preparación alternativa, con la excepción de Francia en donde es frecuente que se consuman con distintos grados de transformación. Esta forma de presentación se encuentra muy arraigada entre los consumidores, los cuales además suelen consumirlas en fechas muy concretas, especialmente en navidad y celebraciones familiares importantes.

Consumirlas de un modo tan aparentemente sencillo, ya que no exige mayores conocimientos sobre su preparación, presenta sin embargo algunos inconvenientes. En este sentido Fernández Polanco y col. (2002) han puesto de manifiesto algunas de las limitaciones que los consumidores han resaltado en un estudio realizado con el objetivo de conocer los hábitos de consumo de la ostra en España. Entre ellos caben resaltar que la presentación y consumo en crudo de las ostras exigen la apertura de las mismas, lo que se puede convertir en una operación difícil y molesta que puede limitar su demanda. Así mismo, otros aspectos que limitan la demanda se centran en el riesgo de sufrir algún tipo de trastorno digestivo o el rechazo que mucha gente tiene a consumir animales crudos o vivos.

Finalmente, la relación entre el tipo de envase que se pone a la venta y la unidad de consumo así como el

precio del producto también ha sido señalada como una limitación en su demanda (Mendiola y col., 2015).

Nos encontramos por tanto con un producto elitista y caro a ojos de muchos consumidores y que se consume principalmente en fresco; opinión quizás influenciada porque la ostra ha sido tradicionalmente uno de los mariscos más apreciados en la gastronomía francesa que posiblemente ayudó a aportar un halo de elegancia y distinción. Es por tanto necesario afianzar el mercado de consumo en crudo a la vez que se dan pasos hacia una comercialización de productos transformados derivados de las ostras.

Ante esta situación, el sector debe buscar aumentar el valor de su producción, diferenciarla por medio del diseño de nuevos productos que se adapten a las exigencias de los consumidores, intentando llegar a los segmentos del mercado más estables (Fernández-Polanco, 2009).

5. ATRIBUTOS DE VALOR EN LOS PRODUCTOS PESQUEROS

Las acciones dirigidas a obtener un aumento de las ventas implican medidas dirigidas al estímulo de la demanda y también, en este escenario de mercados saturados y elitistas, el desplazamiento de otras especies o productos del consumo, ganando cuotas de mercado (López Veiga, 2000). Si se quiere aumentar la competitividad, será necesario por tanto



producir productos cuyos atributos puedan lograr este objetivo y propiciar un diferencial de precio con respecto a sus competidores.

Muchos autores han señalado distintas características que podrían animar al consumidor en su decisión de compra y, en ese sentido, ampliar la información que asegure las condiciones de seguridad alimentaria en los productos pesqueros podría ser uno de ellos (Wessells y Anderson, 1995) al conseguir un mayor valor en el mercado, aunque no siempre se justifica un precio más elevado.

Otro atributo que adquiere más relevancia para un, cada día más importante, segmento de los consumidores se refiere a la sostenibilidad del recurso y los posibles beneficios sobre el medio ambiente de una determinada técnica de cultivo acuícola. De ese modo, los productos garantizados por medio de ecoetiquetas o certificaciones de explotación ecológica podrían justificar delante de los consumidores más implicados, un aumento de precio en el mercado (Wessells y col., 1999). En esta línea, la entrada en vigor del reglamento de acuicultura ecológica aprobado en 2009 (R (CE) Nº 710/2009) y que viene a completar el anterior reglamento de agricultura ecológica, va a permitir comercializar, con el sello del Consello Regulador de Agricultura Ecolóxica, algunos productos cultivados en las costas gallegas, tal es el caso de las algas, mejillón y también ostras.

Otro de los aspectos que puede generar un

diferencial de precio en los productos acuícolas deriva de las preferencias de los consumidores hacia el producto procedente de los productos locales o de proximidad frente a la procedente de otras regiones o países. El origen geográfico podría ser un atributo diferencial en nuestros productos (Ruello and Associates Pty Ltd., 2002) por lo que el empleo de certificaciones de alimentos de calidad diferenciada como es el caso de las Denominaciones de Origen Protegidas (DOP) o las Indicaciones Geográficas Protegidas (IGP) podría proporcionar una información fiel y contrastable a los consumidores. Lamentablemente, para el caso de la ostra cultivada en Galicia no sería posible el desarrollo de un sello similar al del Mexillón de Galicia, debido a que los procesos de cultivo incorporan ejemplares procedentes de otros países. En este sentido una marca de calidad específica podría paliar este inconveniente y sí identificaría, a lo largo de la cadena de comercialización, las ostras cultivadas en Galicia por sus características intrínsecas.

Por último, el empleo de técnicas y procesos de cultivo que permitan obtener productos con diferencias significativas a nivel de forma, apariencia, sabor, textura, etc. En este sentido, la comercialización en crudo de la ostra en Francia destaca por los esfuerzos realizados en sus zonas de producción con sistemas de calibrado, ajuste del sabor por medio del manejo de los cultivos en zonas con salinidades diferentes o la puesta en valor de sus zonas de origen (Normandía, Marennes, Arcachón, Bretaña, etc.).



6. LOS RETOS DEL SECTOR FRENTE A LOS MERCADOS Y LAS NUEVAS PAUTAS DE CONSUMO

Los cambios en los hábitos de los consumidores producen profundas transformaciones en la actividad de las empresas comercializadoras. En ese sentido, la menor disponibilidad de tiempo para cocinar, la incorporación de la mujer a la vida laboral, el aumento de hogares constituidos por una sola persona, entre otros han dirigido las preferencias de los consumidores hacia los productos pesqueros transformados con presentaciones con mayor elaboración que permiten su consumo sin apenas preparación (MARM, 2009).

Es este uno de los atributos en donde las empresas transformadoras y comercializadoras deberán hacer un esfuerzo mayor, donde la innovación deberá ser constante y la especialización y la formación de su personal deberá ser máxima para poner en el mercado productos con las características demandadas por los consumidores basada en una apuesta por la innovación y la calidad diferenciada. Por su parte, el sector conservero constituye un segmento muy importante de la industria alimentaria gallega (Fig. 3). Su alta reputación, su capacidad innovadora y su presencia tanto en mercados nacionales como internacionales, junto con su enorme capacidad de diversificación han puesto de manifiesto la potencialidad de los productos elaborados por esta industria. Con relación a la ostra, aprovechando la experiencia en la comercialización de especialidades exitosas



Figura 3. Procesado de ostra rizada (*Crassostrea gigas*) en una empresa transformadora. (Fotografía cedida por Conservas Lou S.L.).

de muchas empresas conserveras gallegas, se podrían hacer propuestas al mercado en las que las ostras constituyan el ingrediente principal en la lista de ingredientes (Fig. 4). En ese sentido se han desarrollado algún intento en esta línea, aún sin demasiada repercusión.

Otra línea de trabajo podría centrarse en el uso de tecnologías de la información para la mejora de la comercialización. En concreto la venta on line de los productos pesqueros podría producir beneficios tanto a los productores como los consumidores. Es por ello que acortar los canales de comercialización, eliminando intermediarios con el objetivo de obtener mayores márgenes comerciales, aumentar la transparencia de las transacciones y acceso a la información o el aumento de calidad al reducirse





*Figura 4. Conserva a base de ostra rizada (Crassostrea gigas).
(Fotografía cedida por Conservas Lou S.L.).*

los tiempos de manipulación y acceso al mercado pueden constituir una buena estrategia.

Por último, en la búsqueda y el desarrollo de nuevas fórmulas de comercialización, no se puede obviar a la restauración. Buscar la valorización de los productos de la acuicultura a través de la cocina y, en concreto incorporar la ostra como ingrediente a muchas de las nuevas creaciones culinarias, podría resultar positivo a la hora de dar valor a las ostras cultivadas en Galicia. Los cultivos de ostras en Galicia se realizan de una manera sostenible y amable con el medio marino; así mismo las rías gallegas tienen una antigua tradición de consumo y, por supuesto, su fama es notoria. Todas estas características hacen de las ostras un producto muy atractivo para esa nueva generación de cocineros que busca singularidad en los productos que utilizan, lo que llevaría a una simbiosis muy provechosa tanto para los productores de ostra como para los propios profesionales de la cocina.

Por todo ello, las estrategias de creación de valor para el consumidor se han convertido en factores fundamentales de competitividad para las empresas que operan en mercados con una extensa oferta de productos en los países desarrollados. Las tácticas a emplear para ganar cuota de mercado deben basarse no solo en el precio sino también en aspectos como diferenciación, calidad y mejora de servicios complementarios.



Bibliografía

- Cruz Ferreiro, A. I. y Noguera Méndez, P. (1999). A comercialización e o consumo dos produtos pesqueiros galegos. Consellería de Pesca, Marisqueo e Acuicultura. Xunta de Galicia, 188 p.
- Fernández Polanco, J. M., Trespalacios, J. A. e Iglesias, V. (2002). Estrategia comercial. En: Impulso, Desarrollo y Potenciación de la ostricultura en España, E. Polanco Torres (coord.). Fundación Alonso Martín Escudero. Mundiprensa, Madrid, España.
- Fernández-Polanco, J. (2009). Los Pescadores y los Canales de Distribución de Pescado. I Jornadas de Comercialización Pesquera. Cofradía de Motril. Motril, Granada.
- González Laxe, F. (2000). La globalización y el comercio de los productos de la pesca: efectos sobre la sobre-capacidad y la sobre-capitalización de la actividad pesquera. Boletín Económico de ICE, 2665: 35-46.
- Kinnucan, H. W. y Wessells, C. R. (1997). Marketing research paradigms for aquaculture. *Aquaculture Economics and Management*, 1 (1-2): 73-86.
- Langreo, A. (2009). El sistema económico de los productos de la pesca y la acuicultura. Distribución y Consumo, 50-65 p.
- López Veiga, E. C., Carballeira Tella, D., Penaslado, E., Caamañocebreiro, J., Aguirre Enríquez, P., Pastorarratia, A., Fernández Domonte, F., Juárez Casado, S., Fernández López, J. C., Gallego Castro, A., Lourolojo, J. M., Quintana Carballo, R. y Fernández Paradela, F. (1992). Plan de Ordenación dos Recursos Pesqueiros e Marisqueiros de Galicia, Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, España. 874 p.
- López Veiga, E. C. (2000). Manual de Política Pesquera (Tomos I y II). Consellería de Pesca, Marisqueo e Acuicultura. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, España.
- MARM. (2009). Hábitos de compra, conservación y consumo de los productos del mar en España. FROM.
- Mendiola, D., Revilla, M., Gonzalez, M., Solaun, M. A., Mentxaka, I., Bald, J., Epelde, I., Liria, P., Martin, I. y Muxica, I. (2015). Viabilidad del engorde de ostra en mar abierto, como actividad diversificadora de actividades marinas en Euskadi. Informe Técnico de Justificación Final. Dirección de Pesca y Acuicultura Gobierno Vasco. 146 p.
- Montes, J., Ferro-Soto, B., Conchas, R. F. y Guerra, A. (2003). Determining culture strategies in populations of the European flat oyster, *Ostrea edulis*, affected by bonamiosis. *Aquaculture*, 220: 175-182.
- Rodríguez Fernández, A. (2010). A pesca como factor de desenvolvemento: as experiencias en América Latina e Centroamérica. En: Economía Pesqueira: Achegas desde un Curso Universitario, M. C. García-Negro (ed.). Sotelo Blanco, Santiago de Compostela, España. 651 p.
- Ruello and Associates Pty Ltd. (2002). Retail sale and consumption of seafood. Fisheries Research and Development Corporation. Camberra, Australia. 19 p.
- Wessells C. R. y Anderson, J. G. (1995). Consumer willingness to pay for seafood safety assurances. *Journal of Consumer Affairs*, 29: 85-107.
- Wessells C. R., Johnston, R. J. y Donath, H. (1999) Assessing consumer preferences for ecolabeled seafood: the influence of species, certifier, and household attributes. *American Journal of Agricultural Economics*, 81 (5): 1084-1089.
- Xunta de Galicia (2016). Anuario de acuicultura 2015. Consellería del Mar, Xunta de Galicia. <http://www.pescadegalicia.gal/Publicaciones/AnuarioPesca2015/indice.html>.



Arturo Navas, cocinero pontevedrés, con 25 años de experiencia en los fogones, comenzó su andadura en las cocinas de Paradores, donde compartía y combinaba las horas de trabajo y sus estudios de Hostelería, que comenzó tarde, una vez certificada su pasión por la cocina y tras años de trabajo en Hostelería. Tras su paso por diferentes establecimientos, en lo que serían periodos de formación, compartiendo y aprendiendo de diferentes Chefs, alrededor del año 93, comenzó una aventura de la que ya nunca se bajaría. El desarrollo del envasado y de la cocina al vacío, donde la técnica de envasado, cocción, ensamblaje y gestión de producciones, logística y servicio se convirtieron en santo y seña de su trabajo. Ha dedicado gran parte de su carrera profesional a implantar sistemas de producción organizada en Canarias, Galicia, Madrid, para finalmente recalar en Las Rias Baixas y emprender junto a sus socios el proyecto de Yatecomere.



CAPÍTULO 7

La cocina de las ostras, un manjar con mil posibilidades.

Arturo Navas

CEO y Chef de YATECOMERÉ S.L.

Polígono Industrial del Salnés. Rúa do Pan, 8. 36636 Ribadumia, Pontevedra. España.

anavas@yatecomere.es



INTRODUCCIÓN

No es una novedad lo que os vamos a proponer en este capítulo, ya que las ostras se han cocinado desde tiempos inmemoriales, dando lugar a multitud de recetas que podemos encontrar en cualquier recetario clásico. En Galicia por ejemplo fueron muy populares las ostras escabechadas, que proporcionaban la posibilidad de poder trasladar las ostras a zonas del interior, donde sería imposible por aquellos tiempos, consumirlas crudas. La cocina europea y oriental es un referente en la preparación de las recetas de ostras y con ostras, dando lugar incluso a platos de mar y montaña de una factura excelente.

Si bien es cierto, que el consumo de ostras crudas se popularizó de tal manera que ha desplazado el consumo de ostras cocinadas, llegando algunos autores modernos a considerar su cocinado como algo negativo. El consumo de ostra cruda, se asocia directamente al lujo y al glamour y particularmente a nosotros nos gusta en su medida, el sabor a mar, a yodo, salitre e incluso algas, maridando a la perfección con cualquiera de las variedades de vinos blancos gallegos (Rías Baixas, Ribeiro y Godello).

Hemos seleccionado algunas recetas clásicas y hemos adaptado otras que consideramos que le aportarán a nuestras protagonistas, las ostras rizadas, matices que contrastan a la perfección con ese sabor yodado, marino y salado tan característico

de las ostras. Una forma diferente de comer las ostras, porque consideramos que en la variedad está el gusto. Algunas recetas para consumir en frío y otras con temperatura, templada o caliente, todas muy sencillas de preparar y perfectamente adaptables a otros ingredientes para que uno las pueda elaborar a su gusto.

Las ostras rizadas cocinadas alcanzan una textura muy agradable, untuosa, sedosa y melosa en boca. Los ingredientes que conforman cada receta, potenciarán los matices de la ostra, una forma divertida de consumir ostras y donde toda la familia podrá disfrutar de estos bocados realmente sabrosos y delicados.

En este manojo de recetas, desarrollamos la experiencia de elaborar ostras con recetas clásicas del sur de EE.UU, donde existe un gran consumo de este molusco y disponen de muchas recetas diferentes que forman parte importante del acervo culinario de la zona gastronómica más importante de este país. También tocamos recetas adaptadas y otras clásicas de nuestra cocina, donde la ostra aporta su calidad, textura y sabor a mar.

El servicio de las ostras en su propia concha le da un aspecto muy natural, casi rústico que destacará mucho con los colores de las salsas, creando bocados muy vistosos y elegantes a los que no habrá que aportarles muchos artificios para su presentación, de esta manera el servicio se realiza de manera sencilla y rápida.



COCCIÓN DE LAS OSTRAS AL VAPOR

Para las recetas que se describen a continuación, utilizaremos ostras abiertas al vapor, aplicándoles una ligera cocción para que se abran de forma autónoma, sin tener que utilizar herramientas a tal fin. El tiempo de cocción que indicamos a fuego fuerte facilita que el centro de la ostra pueda alcanzar una temperatura de 90 °C, lo que nos asegura su inocuidad frente virus entéricos, tal como se describe en el capítulo 5 de este libro. Estos virus pueden estar presentes en las ostras, aun cuando nos hayamos asegurado de comprarlas en depuradora o en establecimientos autorizados que cumplen con las estrictas normas de control de la Unión Europea para moluscos bivalvos.

Para la cocción emplearemos un recipiente para cocer, se agrega un dedo (1,5 cm aprox.) de agua al fondo y se colocan encima las ostras rizadas, tratando que la concha más plana quede hacia arriba. Se tapa y se pone a fuego fuerte, una vez que empiece a hervir, dejamos cocer durante unos 6-7 minutos. En ese momento las ostras deberían estar ligeramente abiertas, las retiramos del fuego y con las manos o con ayuda de un cuchillo retiramos la concha superior de la ostra. Con una puntilla (pequeño cuchillo afilado) aplicamos un corte en el músculo de unión de la vianda a la concha haciendo que se desprenda. Una vez que las tenemos cocidas, abiertas y separadas de su concha, ya están preparadas para terminar de cocinarlas con las recetas que os presentamos.





1. SALPICÓN AGRIDULCE DE OSTRAS

Como ya hemos comentado las ostras tienen un marcado sabor a mar, salino, yodado, a veces incluso ferroso. Estos matices se pueden resaltar combinando elementos que también compartan algunas de esas peculiaridades, pero donde resalten sabores dulces, amargos y ligeramente picantes. Lo que conseguiremos es un bocado pleno de matices, donde la combinación de los diferentes ingredientes multiplica las sensaciones y nos brinda un sinfín de sabores y matices divertidos, emocionantes y sensuales incluso. El mango y el hinojo le aportarán a esta vinagreta toques dulces, frutales y anisados, resinoso a la vez y combinará a la perfección con el marcado sabor de la vinagreta clásica.

Ingredientes. (3-4 comensales)

12 ostras rizadas
1 cebolleta tierna
1 mango pequeño
1 pimiento verde italiano
3 g de sal fina
1 g de pimienta multicolor
5 cl de vinagre de sidra
20 cl de aceite de oliva virgen extra
1 rama de hinojo fresco
½ manojo bueno cebollino fresco

Elaboración.

- Abrimos las ostras cocinándolas al vapor. Una vez abiertas retiramos la carne de la concha y la reservamos.
- Para elaborar el salpicón, pelamos la cebolleta y el mango y lavamos bien junto al pimiento italiano.
- Una vez limpios, procedemos a picarlos muy finamente, en daditos pequeños.
- Salpimentamos, agregamos el vinagre y posteriormente el aceite de oliva virgen extra. Picamos el hinojo fresco finamente e incorporamos a la vinagreta para darle un toque anisado y fresco. Dejamos reposar en la nevera durante 30 minutos.

Presentación.

Colocamos una ostra en cada una de sus conchas inferiores y disponemos sobre ella una porción de la vinagreta, tratando de que lleve la mezcla completa y repartiendo la salsa. Picamos el cebollino finamente y espolvoreamos por encima.





2. CEBICHE DE OSTRAS

Esta receta que vamos a preparar está basada en el Buque Insignia de la tan de moda cocina peruana “el Cebiche”. Originalmente se utiliza para preparar pescados crudos, pero nosotros la versionaremos aportándole a las ostras, aromas frescos de los vegetales y el zumo de la lima. Prepararemos un plato fresco, sabroso, vistoso por el colorido de sus ingredientes y muy nutritivo, que hará las delicias de cualquier aperitivo o entrante que tengamos que preparar.

Ingredientes. (3-4 comensales)

12 ostras rizadas
2 cebollas moradas
1 diente de ajo
1 chile rojo fresco
1 aguacate
Zumo de 6 limas
3 g de sal fina
25 g de maíz de tostar “Cancha serrana”
½ manojo fresco de Cilantro

Elaboración.

- Abrimos las ostras cocinándolas al vapor. Una vez abiertas retiramos la carne de la concha y la reservamos.
- Limpiamos y pelamos los vegetales, retiramos las pepitas y las venas (la parte blanca) de los chiles.
- Hacemos un zumo de lima, lo maceramos con la cebolla, el ajo bien picado, la sal y los chiles picados durante 30 minutos.
- Tostamos el maíz (Cancha serrana) en una sartén con un poquito de aceite en el fondo de la misma y bien tapado para que no salte, hasta que esté tostado y lo sazonamos con sal fina.

Presentación.

- Ponemos la vianda de la ostra sobre las conchas inferiores, mezclamos bien el aliño preparado y repartimos bien los ingredientes sólidos y el zumo resultante sobre las ostras. Una vez hecho esto, espolvoreamos con el cilantro picado que le aportará un aroma y frescor inconfundibles.
- Ponemos dos granos de maíz tostado sobre cada ostra, para darle textura crujiente y sabor tostado al platillo. Cortamos el aguacate en daditos pequeños, disponiendo algunos sobre las ostras.





3. OSTRAS EN BLOODY MARY DE TOMATES NEGROS DE SANTIAGO Y RIBEIRO

Un plato de Fiesta, una forma delicada y divertida de tomar un cóctel elaborado con productos gallegos, en una versión muy nuestra. Los tomates de Santiago son muy carnosos y sabrosos, por este motivo el Bloody Mary tendrá una densidad perfecta, sedosa en boca. Ligero, sabroso, fresco al paladar y donde la acidez del tomate, el dulzor del ribeiro y las ostras, crean un bocado que es pura delicadeza. Con un día de sol por delante sorprenderás a tus invitados y les brindarás un aperitivo de los que preparan el cuerpo, incentiva el apetito y deja muy buen sabor de boca.

Ingredientes. (3-4 comensales)

12 ostras rizadas
600 g de tomates negros de Santiago
5 cl de vino Ribeiro
2 g de sal de apio
1 g de pimentón ahumado
Tabasco (al gusto)
6 gotas de Salsa Worcestershire
1 rama grande de apio fresco
1 lima

Elaboración.

- Abrimos las ostras cocinándolas al vapor. Una vez abiertas retiramos la carne de la concha y la reservamos.
- Para el Bloody Mary debemos lavar bien los tomates y cortarlos en trozos. En un vaso triturador (puede servir también una batidora) incorporamos todos los ingredientes: tomates troceados, vino Ribeiro, sal de apio, pimentón ahumado, tabasco y salsa Worcestershire. Trituramos todo muy bien hasta que se convierta en una crema muy ligera de tomate. Pasamos la mezcla por un colador chino para que quede muy fina y homogénea y la metemos en el frigorífico.
- Lavamos la rama de apio y la cortamos en tiras finas y largas y rallamos la lima con un rallador fino.

Presentación.

- Echamos el Bloody Mary en vasos de chupito grandes o copas tipo flauta, rellenando hasta aproximadamente 2/3 del vaso. Dentro de cada bebida ponemos una ostra, espolvoreamos ligeramente con la lima rallada y terminamos colocando una ramita de apio en cada chupito.
- Alternativamente, se pueden picar las ostras antes de introducirlas al Bloody Mary si se considera más cómodo para consumir.





4. OSTRAS CON CREMA DE PIMIENTOS DE PADRÓN Y AJÍ AMARILLO (TIRADITO DE OSTRAS)

El tiradito es una elaboración a partir de chiles denominados ajíes en Sudamérica. Nosotros hemos utilizado el ají amarillo, de sabor ligeramente dulce y picante, aroma a hierba fresca y fruta madura y lo hemos combinado con nuestro pimiento más célebre, el pimiento de Padrón.

Ingredientes. (3-4 comensales)

- 12 ostras rizadas
- 350 g de pimientos de Herbón de talla mediana
- 350 g de ají dulce amarillo
- 1 litro de agua
- 25 gr de azúcar
- 20 cl de aceite de oliva virgen extra
- ½ cebolla morada
- 1 diente de ajo
- 2 limas (para zumo)
- 25 g de maíz de tostar (cancha serrana)
- 3 g de sal fina
- 3 ramas de cilantro
- 1 g de pimienta rosa.

Elaboración.

- Abrimos las ostras al vapor y reservamos.
- Limpiamos los pimientos, abriéndolos y quitándoles las semillas y las venitas blancas. Los cortamos en trozos y escaldamos cada tipo de pimiento por separado en agua hirviendo con el

azúcar. Dejamos hervir 1 minuto. Retiramos del agua cada tipo de pimientos y los reservamos por separado, ya haremos dos cremas diferentes.

- Calentamos 10 cl de aceite al fuego e incorporamos los ajíes escaldados. Sofreímos durante unos 2 minutos, sazonomos ligeramente con una parte de la sal y echamos en un vaso para batir con la túrmix, hasta conseguir una crema fina y homogénea. Pasar por el chino para tamizar y que quede muy fina. Repetir la operación con los otros 10 cl de aceite y los pimientos de Herbón.
- Pelamos la cebolla y el ajo y los picamos muy finos. Exprimimos las limas e incorporamos el zumo a los vegetales para que maceren. A continuación, introducimos las ostras en la marinada durante media hora para que se maceren un poco y cojan el gusto de la marinada.
- Tostamos el maíz cancha serrana en una sartén con un poquito de aceite en el fondo de la misma y bien tapado para que no salte y sazonomos.

Presentación.

Ponemos cada una de las cremas de pimientos y ajíes sobre el fondo de un plato, disponer las otras encima de las cremas y aliñamos con un poco de la marinada y el maíz tostado. Decoramos el plato y aromatizamos con el cilantro recién picado y un poco de pimienta rosa recién molida por encima.





5. OSTRAS EN ESCABECHE DE AJO NEGRO

Vamos a preparar una receta clásica de la cocina tradicional, una elaboración muy utilizada antaño por sus características de conservación, además de estar verdaderamente deliciosa. Durante años, la forma de conservar pescado para que llegase al interior, era la salazón, el secado al sol y el escabeche, de esta manera los pueblos de interior también podían consumir pescado procedente de las costas. En este caso, le vamos a incorporar a la receta el ajo negro, de sabor sutil y matices dulces. El ajo negro contiene todas las cualidades del ajo, pero desprende un aroma muy diferente y agradable que además dará un toque de dulzor que contrastará muy bien con el ácido del vinagre y el sabor salino y yodado de las ostras.

Ingredientes. (3-4 comensales)

12 ostras rizadas
1 cebolla dulce
1 diente de ajo
1 diente de ajo negro
40 cl de aceite de oliva Virgen Extra
1 hoja de laurel
3 granos de pimienta negra
10 cl de vino blanco Albariño
10 cl de vinagre de arroz
3 g de sal marina

Elaboración.

- Abrimos las ostras al vapor y reservamos.
- Picamos la cebolla en juliana fina y los ajos muy finos, para que no se encuentren una vez cocinados.
- Con la ayuda de un tenedor aplastamos el ajo negro haciendo una pasta fina.
- Calentamos el aceite moderadamente e incorporamos la cebolla y los diferentes tipos de ajo. Rehogamos durante 5 minutos hasta que la cebolla se ponga transparente e incorporamos el laurel y los granos de pimienta y sazonamos con la sal.
- Agregamos el vino blanco, dejándolo reducir un minuto antes de añadir el vinagre de arroz.
- Dejamos que se cocine durante unos 5 minutos a fuego lento.
- A continuación, levantamos el fuego y llevamos a ebullición fuerte.
- Cuando comience a hervir, introducimos las ostras en el escabeche y retiramos del fuego dejando que se enfríe.

Presentación.

- En el momento de servir, retiramos las ostras de la salsa, colocándolas dentro de sus conchas limpias. Repartimos los vegetales de la salsa sobre las ostras y finalmente batimos la salsa para emulsionarla y homogeneizarla un poco. Salseamos ligeramente por encima y servimos caliente.
- Se puede decorar con unas hierbas frescas que realzarán el sabor y le aportarán frescor a la receta.





6. OSTRAS EN SALSA AGRIDULCE

Nos atreveremos en esta ocasión con un plato de corte eminentemente Oriental. Este tipo de salsas son muy utilizadas en toda la cocina asiática, donde el contraste de sabores dulce, agrio, picante, etc., forma parte de la cultura culinaria popular. En este caso utilizaremos ingredientes de nuestra cocina como la miel y el pimentón para darle un carácter gallego y hacer más reconocibles a nuestros paladares los contrastes de esta receta. Sin duda un plato exótico y valiente para los paladares más atrevidos.

Ingredientes. (3-4 comensales)

12 ostras rizadas
25 cl de vinagre de manzana
30 g de miel gallega
30 g de azúcar moreno
2 naranjas para zumo
25 cl de tomate frito
1 g de pimentón agridulce
4 g de sal fina
2 g de Maicena
40 g de pimiento rojo baby
40 g de chalota
5 g de cáscara de naranja
150 g de harina de trigo (rebozar)
2 huevos (rebozar)
50 cl de aceite de girasol para freír
½ Bulbo de hinojo fresco

Elaboración.

- Abrimos las ostras al vapor y reservamos.
- Ponemos el vinagre en una sartén y lo llevamos al fuego para que reduzca.
- Le agregamos la miel y el azúcar moreno y dejamos que caramelicé ligeramente, mientras se reduce.
- Incorporamos el zumo de naranja, el tomate frito, el pimentón y sazonomos, dejamos cocinar durante unos 15 minutos.
- Ligamos con la Maicena, que previamente habremos disuelto en un poco de zumo de naranja frío para que no haga grumos. Dejamos que se cocine 10 minutos más, antes de sacarla y ponerla a enfriar. Reservamos la salsa.
- Picamos los pimientos rojos baby y la chalota en juliana muy fina y sacamos unas tiras finas de las cáscaras de naranja. Las agregamos a la salsa, dejando que queden al dente y mantengan su textura firme.
- Rebozamos las ostras en harina y huevo y freímos en el aceite de girasol caliente, hasta que estén ligeramente doradas. Incorporamos las ostras a la salsa y dejamos que se empapen, hirviendo despacito que tomen el sabor de la salsa.

Presentación.

Montamos en cada media concha una ostra rebozada con un poco de la guarnición caliente de pimientos, chalotas y piel de naranja. Bañamos ligeramente con la salsa agridulce. Podemos decorar con hinojo fresco picado que aportará color y frescor al plato y un gusto ligeramente anisado.





7. OSTRAS GRATINADAS AL HORNO AL ESTILO DE NEW ORLEANS

Vamos a preparar una receta muy sencilla de pre-elaborar y de terminar. Una receta muy sabrosa, donde el sabor de las ostras se ve potenciado por el aliño y cuyo conjunto forma una mezcla sabrosísima en boca a la hora de degustarlo. Esta es una receta muy típica en el Sur de los EE.UU y que a buen seguro se convertirá en uno de tus primeros platos de Gala, cuando tengas una comida o cena especiales en casa. Es obvio que se trata de una receta muy fácil de versionar, si a la mantequilla como base, le adicionas aquellos ingredientes que más te gusten, aromas, especias, etc... conseguirás platos personalizados y llevarás el fantástico sabor de las ostras a tus recuerdos gastronómicos más personales.

Ingredientes. (3-4 comensales)

12 ostras rizadas
15 cl de aceite de oliva virgen extra
1 diente de ajo morado
1 manojo de ajetes tiernos
3 ramas de perejil fresco
60 g de mantequilla fresca salada
25 g de queso de San Simón da Costa
30 g de pan rallado Panko japonés
5 g de sal fina

Elaboración.

- Abrimos las ostras cocinándolas al vapor. Una vez abiertas retiramos la carne de la concha y la reservamos.
- Precalentamos el horno a una temperatura de 150°C.
- Ponemos el aceite al fuego y lo templamos a unos 90°C. Una vez templado lo retiramos del fuego, le incorporamos los ajos picados y los ajetes cortados en rodajas finas y los dejamos reposar en el aceite caliente unos 25 minutos.
- Retiramos los ajos y ajetes del aceite, dejándolos escurrir bien, le agregamos el perejil picado finamente y mezclamos todo bien con la mantequilla, sazonomos al punto la mezcla. Le incorporamos el queso que hemos rallado previamente y mezclamos todo haciendo una pasta.

Presentación.

Colocamos las ostras sobre la concha inferior a modo de cazuela. Con la ayuda de una cucharilla, hacemos porciones de la salsa de mantequilla que dispondremos sobre cada ostra, cubriéndolas. Una vez hecho esto, espolvoreamos con un poco del pan rallado e introducimos al horno, dejamos cocinar durante unos 15 minutos, hasta que tenga un bonito color dorado.





8. OSTRAS A LA PARRILLA CON CILANTRO Y PATATILLAS

Esta receta bien podría formar parte de la más tradicional cocina Canaria. Se puede elaborar en una plancha a gas o sobre unas brasas, aportándole así el sabor y aroma a humo. El gusto del cilantro y el ajo, terminadas de cocinar las ostras en su concha y sobre su jugo, nos proporcionará un plato muy fácil de elaborar y muy sabroso, fresco y ligero al paladar. La textura de la ostra, densa, untuosa se verá reforzada por la acción del fuego, que eliminará algo de su agua, concentrando el sabor y realzando sus características organolépticas. El cilantro y el ajo, funcionarán además como potenciadores de dicho sabor.

Ingredientes. (3-4 comensales)

12 ostras rizadas
200 g de patatas Kennebeck
½ manojo grande de cilantro fresco
2 dientes de ajo
1 cucharilla de café de Comino molido
3 cl de vinagre de sidra
3 g de sal fina
30 cl de aceite de Oliva

Elaboración.

- Abrimos las ostras cocinándolas al vapor. Una vez abiertas retiramos la carne de la concha y la reservamos.
- Pelamos las patatas y las cortamos en dados pequeños, sobre 0,5cm de lado, las reservamos en agua.
- Preparamos un aliño, mezclando el cilantro, ajo, comino, vinagre, sal (1 g) y el aceite de oliva. Lo trituramos todo bien con el túrmix, hasta conseguir una preparación homogénea.
- Freímos las patatas en aceite bien caliente y dejamos que se doren ligeramente, las retiramos del fuego y sazonamos con sal.
- Manteniendo las ostras en sus conchas, le incorporamos por encima una cucharada sopera del aliño preparado y las ponemos en la plancha. La concha hará de cazuela, cocinando la ostra dentro con sus jugos y el aliño. Una vez transcurridos 3 minutos de cocción, retiramos del fuego.

Presentación.

- Servimos las ostras calientes en su propia concha con unos dados de patatillas por encima.
- Si se ha perdido algo de aliño durante el cocinado, se le puede agregar por encima un poco más, para realzar el sabor del plato.





9. OSTRAS AL ALBARIÑO

Todos conocemos el absoluto equilibrio que existe entre las ostras y el Albariño (Rías Baixas), evidentemente se trata del maridaje que se produce al consumir ostras crudas y regadas por uno de nuestros vinos más celebres. En esta versión, los vamos a consumir juntos, cocinados ambos y formando una sinfonía de sabores donde los aromas de estas dos joyas gastronómicas se combinan y ensalzan el uno al otro. Para su gratinado se podría utilizar cualquier queso gallego, hemos optado por darle un toque de humo a través de un poco de queso San Simón.

Ingredientes.  (3-4 comensales)

12 ostras rizadas
5 g de mantequilla fresca
5g de harina de trigo
15 cl de vino albariño
5 g de sal fina
1 g de pimienta blanca molida
10 cl de crema de leche
60 g de queso San Simón da Costa
3 ramitas de perejil fresco
Para 40 cl de caldo de pescado:
250 g cabezas y espinas de pescado blanco
1/2 puerro
1/2 cebolla
1/4 pimiento verde
1/2 dientes de ajo
1 hojita de laurel pequeña
0,45 l de agua

Elaboración.

- Abrimos las ostras cocinándolas al vapor. Una vez abiertas retiramos la carne de la concha y la reservamos.
- Elaboramos un Fumet o caldo de pescado hirviendo durante 15 minutos las espinas y los vegetales indicados anteriormente. Una vez hervido se retira del fuego y se deja reposar.
- En un cazo, rehogamos la mantequilla con la harina e incorporamos el vino albariño. Una vez reducido el alcohol, se añade el caldo de pescado, salpimentamos y se lleva a ebullición.
- A continuación se incorpora la crema de leche, dejándolo cocinar durante unos minutos. Se retira del fuego y se pasa por un colador chino para que quede muy fino y suave.
- Pre calentamos el horno a unos 180 °C por la parte de arriba principalmente.
- Cada concha con su vianda se cubre con la crema de albariño y se tapa con el queso de San Simón rallado.
- A continuación, introducimos las ostras al horno, previamente precalentado a 180 °C por la parte de arriba principalmente y dejamos cocinar hasta que estén bien gratinadas.

Presentación.

Una vez gratinadas las ostras, las sacamos del horno y las colocamos en una fuente. Espolvoreamos con el perejil fresco recién picado y servimos calientes.





10. SOPA LIGERA DE OSTRAS

No podían faltar las recetas de cuchara y en este caso una sopa, la elaboración básica de una sopa marinera donde las ostras conservarán su sabor, aportándole al caldo los matices de las mismas, finura en el sabor a mar, agradable toque de yodo casi metálico.



Ingredientes. (3-4 comensales)

12 ostras rizadas
2 chalotas
2 dientes de ajo
150 g de puerros
5 cl de aceite de oliva virgen extra
1 sobre de azafrán
4 g de sal fina
3 ramitas de perejil
Para 150 cl de Caldo de merluza:
750 g cabezas y espinas de pescado blanco
1 puerro
1 cebolla
½ pimiento verde
2 dientes de ajo
1 hojita de laurel
25 cl de vino blanco
1'75 l de agua



Elaboración.

- Abrimos las ostras al vapor y reservamos.
- Se elabora un Fumet o caldo de pescado, hirviendo durante 15 minutos las espinas y los vegetales indicados anteriormente. Una vez hervido se retira del fuego y se deja reposar.
- Limpiamos, pelamos y picamos las chalotas, el ajo y el puerro y los rehogamos en el aceite de oliva virgen. A las verduras muy bien cocinadas y con tono transparente, se le incorpora el caldo y el azafrán y se lleva a ebullición la sopa.
- Una vez cocinada la sopa durante unos 20 minutos a fuego muy bajo, se sazona. Se tritura la sopa y se pasa por un colador chino, para que quede fina y sin fibras. Se le incorporan las viandas de las ostras dentro de la sopa y se vuelve a hervir durante 10 minutos. Espolvoreamos el perejil recién picado, se retira del fuego.



Presentación.

Se sirve la sopa en platos soperos, o en una sopera para su servicio en la mesa. Se puede acompañar con picatostes de pan recién tostado o frito.





11. EMPANADA O EMPANADILLA DE OSTRAS

Una empanada de mar, con bocados sabrosos y explosión de aroma en la boca. Un plato que conviene tomar caliente, para que las ostras desplieguen todo su aroma y que se puede dejar preparado del día anterior, para terminar en el momento del consumo.

Ingredientes.  (3-4 comensales)

Para la masa:

350 g de harina de trigo
5 g de sal fina
15 cl de aceite de oliva
10 cl de agua
5 cl de vino blanco

Para el relleno:

12 ostras rizadas
3 cebollas
2 dientes de ajo
25 cl de aceite de oliva
4 g de sal fina
1 sobre de azafrán en polvo
50 cl de aceite de oliva para freír

Elaboración.

- Abrimos las ostras al vapor y reservamos.
- Para elaborar la masa, disponemos la harina en un bol y le incorporamos la sal, mezclando

uniformemente. Le agregamos el aceite de oliva, el agua y el vino blanco y mezclamos todo amasando hasta conseguir una masa fina, sin grumos y bien homogénea. Reservamos la masa hasta su uso.

- Preparamos el “amoado”, sofriendo la cebolla y el ajo en aceite de oliva, le incorporamos la sal y el azafrán y dejamos cocinar hasta que la cebolla se vuelva transparente. Incorporamos las ostras previamente picadas en cuatro trozos cada una, a la preparación una vez fuera del fuego y dejamos que se enfríe la mezcla.

- Hacemos 12 porciones de masa de empanadillas y las boleamos, es decir las amasamos ligeramente con las manos y con movimientos circulares para crear pequeñas bolas de masa. En una superficie espolvoreada con harina y con la ayuda de un rodillo, estiramos las porciones de masa, haciendo círculos. Una vez estirada, rellenamos con una cucharada sopera colmada del relleno, preocupándonos de que en cada empanadilla haya dos unidades de ostra. Las cerramos plegando la masa sobre sí misma y con la ayuda de un tenedor, cerramos los bordes, aplastando para hacer el cierre.

- Las dejamos reposar en la nevera durante 30 minutos, para que se trabaje mejor.

- Calentamos el aceite de oliva a unos 170 °C aproximadamente y sumergimos las empanadillas dejándolas freír hasta que estén bien doradas y crujientes. Las retiramos de la fritura colocándolas sobre un papel de cocina para que pierdan el exceso de aceite y emplatamos en una fuente para su servicio.





12. OSTRAS CON FABAS DE LOURENZÁ

Una de las joyas de la gastronomía gallega son las Fabas de Lourenzá. Un plato de cuchara delicado y fino, con sabor intenso a mar y tierra y un equilibrio de sabor y textura inigualables. Las Fabas que nosotros proponemos en la receta, son tiernas, sin secar.

Ingredientes.  (3-4 comensales)

12 unidades de ostra rizada

15 cl de vino Albariño

Fabas de Lourenzá Tiernas

10 g de sal fina

½ cebolla grande

4 dientes de ajo

10 cl de aceite de oliva

2 g de pimentón dulce

1 hoja de laurel seco

150 g de picatostes de pan

Para 150 cl de Caldo de merluza:

750 g de cabezas y espinas de pescado blanco

1 puerro

1 cebolla

½ pimiento verde

2 dientes de ajo

1 hojita de laurel

25 cl de vino blanco

1'75 l de agua

Elaboración. 

- Abrimos las ostras al vapor y reservamos.
- Para realizar el caldo de pescado, limpiamos y

troceamos los vegetales y el pescado, se sazonan y se rocían ligeramente con aceite. Se disponen en una placa de horno y se tuestan ligeramente, que alcancen un ligero color dorado. Pasamos los ingredientes a una cazuela y los cubrimos con agua, un chorro de albariño y se ponen a hervir. Cuando empiece a hervir se deja cocinar a fuego lento durante 10 minutos y se retira. Se deja reposar unos 5 minutos y se cuela, dejando solamente el caldo, que estará denso por la acción de los vegetales.

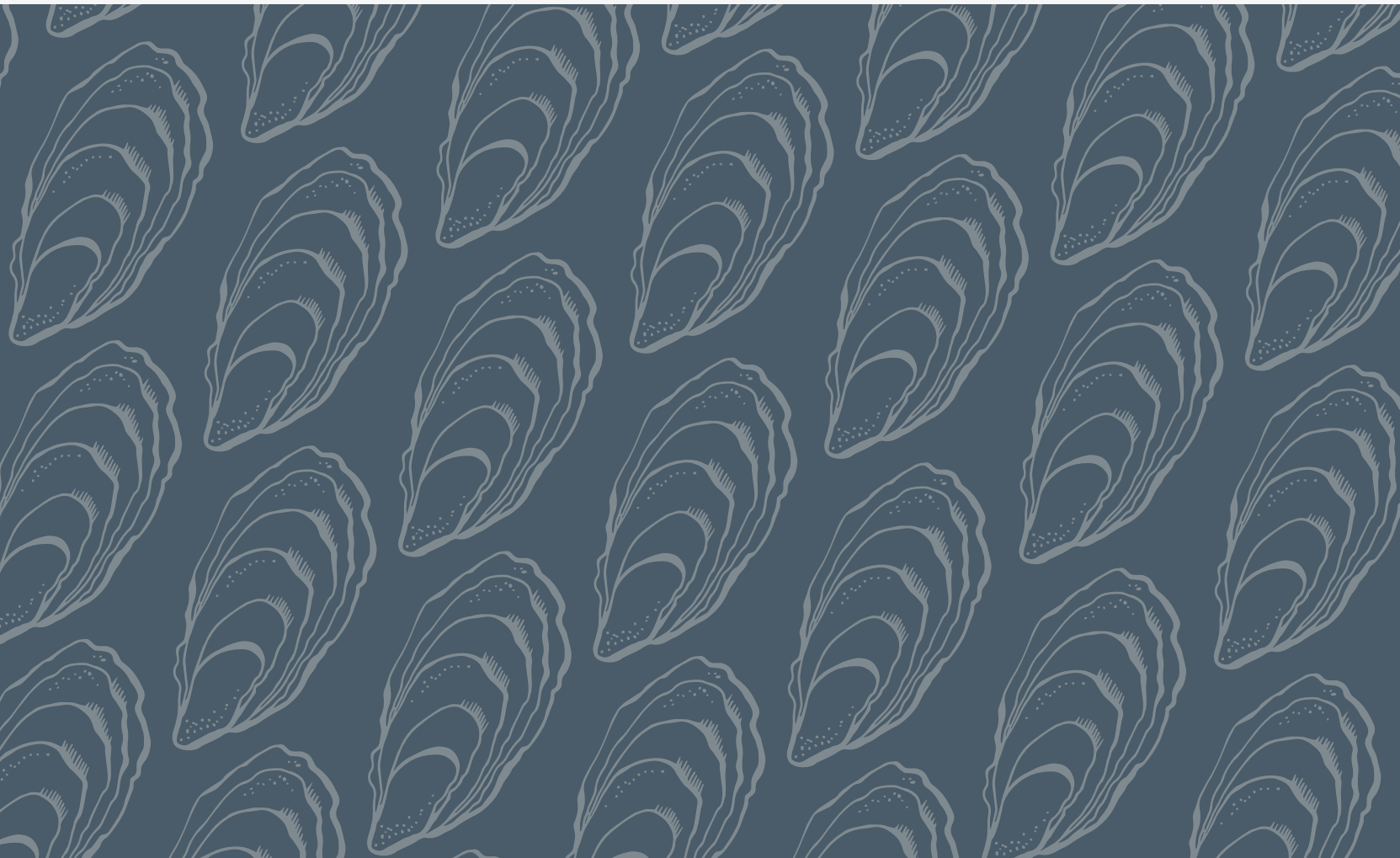
- Las Fabas de Lourenzá frescas no necesitan ser remojadas porque son muy tiernas. Se ponen a cocer en el doble de caldo que su peso. Se sazonan ligeramente, para corregir al final de la cocción. Si se utilizasen Fabas secas, habría que remojarlas la noche anterior, dejándolas unas 12 horas cubiertas de agua para que se rehidraten. La cocción sería más larga, tardaría una hora aproximadamente y habría que incorporar más caldo a medida que éste se va evaporando.

- Hacemos un sofrito con la cebolla, el ajo, el aceite de oliva virgen extra y el pimentón. Incorporamos el sofrito a la cocción de las fabas y se deja cocinar durante 20 minutos, comprobando que se vayan cocinando y no se rompan. Una vez cocinadas y fuera del fuego, le añadimos el jugo y la vianda de las ostras.

Presentación. 

Servimos calientes en plato soperero acompañado de unos picatostes de pan frito o simplemente una rebanada de pan gallego de pueblo, recién hecho.





XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DO MAR