

INVESTIGACION

CULTURA CIENCIA Y TECNOLOGIA



VOLUMEN 8

Nº 15

2016

MEDICINA.FISICA.FARMACOLOGIA.BIOLOGIA.PSIQUIATRIA.BIOLOGIAMARINA.EMPRESA.DERECHO.ECONOMIA.BELLASARTES

INVESTIGACIÓN

CULTURA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Director

José Luis Vázquez Lopéz
investigacion@galicia.com
C/ Oporto, 1-3º
36201 Vigo

Consejo de Redacción

Francisco Javier Rodríguez Berrocal
Almudena Fernández Briera
José Luis Vázquez Lopéz

Dirección Creativa

María del Mar Vázquez Jiménez
mariadelmarvj@gmail.com

ISSN: 1889 - 4399
DEPÓSITO LEGAL:
VG - 347 -2009

Dep. Administración y Divulgación

Raquel María Vázquez

Revista adscrita al
INSTITUTO DE CULTURA, CIENCIA
Y TECNOLOGÍA (ICCT)

Patrocina



Queda prohibida la reproducción total o parcial de cualquiera de los contenidos de esta publicación, sin citar la procedencia. La revista "Investigación" no se hace responsable, ni se identifica con artículos, ni opiniones que publican sus autores y colaboradores.

LOS INVESTIGADORES DE INSTITUCIONES, EMPRESAS Y UNIVERSIDADES QUE QUIERAN REMITIR ARTÍCULOS, PREVIAMENTE DEBERÁN CONTACTAR CON LA REVISTA, PARA RECIBIR INSTRUCCIONES.
investigacion@galicia.com (Departamento de Redacción)



i
n
di
ec

SUMARIO VOLUMEN 8 N° 15 2016

6L - Editorial
A INNOVACIÓN, UNA OPORTUNIDAD PARA IMPULSAR LA INDUSTRIA 4.0. Y LA SOCIEDAD DEL BIENESTAR
Francisco Conde López
Conseleiro de Economía, Emprego e Industria. Xunta de Galicia

8P - Parasitología
PLANTAS EXCÉNTRICAS: PARASITISMO EN EL GÉNERO RAFFLESIA.-
Paula Estévez Caride; M^a Cristina Arias Fernández
Departamento Biología Funcional y Ciencias de la Salud. Facultad de Biología. Univ.Vigo.

14C - Ciencias del Mar
COMUNIDADES DE ZOOPLANCTON DEL SISTEMA DE AFLORAMIENTO DE CABO SILLEIRO (41° 42'N, NOROESTE DE ESPAÑA): CARACTERIZACIÓN Y EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL
Alexandra Castro-Bugallo(1); Álvaro Roura(1)(2)
(1). Departamento of Ecology, Environment and Evolution, La Trobe University, Victoria, Australia. (2). Instituto de Investigaciones Marinas (IIM-CSIC)

20M - Agrobiología
MICROPROPAGACIÓN DE ENCINAS: UNA ESTRATEGIA PARA SU MEJORA Y CONSERVACIÓN
M^a Teresa Martínez(1); Elena Corredoira(1); M^a José Cernadas(1); Raquel Montenegro(1); F. Javier Vieitez(1); Laura V. Janeiro(2); M^a del Carmen San José(1)
(1). Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (IIAG-CSIC)
(2). Área de Promoción del Territorio y Turismo. Diputación Provincial de Lugo

25C - Industria
CLUSTERS: LIDERANDO A LAS EMPRESAS HACIA LA INDUSTRIA 4.0
Maria Eugenia Mijares Serrano
Clusters Gold Galicia - Director

31L - Biodiversidad y genética
LA JUDÍA COMÚN: UN CASO DE EVOLUCIÓN GLOBAL DE UN CULTIVO MÁS ALLÁ DE SUS ÁREAS DE ORIGEN
Antonio M. De Ron
Misión Biológica de Galicia. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (MBG-CSIC)

35P - Ecosistemas Marinos
PROYECTO LIFE SEACAN: DEMOSTRACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN QUE MINIMIZAN EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL EN ECOSISTEMAS MARINOS
Ivan Rodríguez-Verde(1); Sonia Delpont(1); Jesús Souza Troncoso(2)(3)
(1). Centro Tecnológico del Agua, Cetaqua, Campus Vida. Universidad de Santiago de Compostela
(2). Departamento Ecología y Biología Animal, Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Vigo.
(3). Estación de Ciencias Marinas de Toralla (ECIMAT). Universidad de Vigo

39D - Seguridad Alimentaria
DETOXIFICACIÓN DE MOLUSCOS Y PREDICCIÓN DE MAREAS ROJAS MEDIANTE EL USO DE AGENTES MICROENCAPSULADOS Y NANOTECNOLOGÍA. Proyecto MytiTox
Laura P. Rodríguez; Jorge Lago; S. Lucia Blanco; Ana G. Cabado
División de Seguridad Alimentaria. Área de I+D+i de ANFACO-CECOPESCA

45A - Análisis Financiero
ANÁLISIS FRACTAL DE VIABILIDAD FINANCIERA EN AEROMÉXICO
María Ramos-Escamilla(1); Liliana Malaquias-Gomez(2)
(1). Instituto Tecnológico de Pachuca. Departamento de posgrado e Investigación. Miembro del SNI-N1. México
(2). Universidad Iberoamericana. Departamento de Ingenierías. México

50L - Oceanografía
LA IMPORTANCIA DE LA LABOR CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN RELACIÓN CON EL MAR Y SUS RECURSOS.-
José Luis Vázquez López(1)(2)
(1). Instituto de Cultura, Ciencia y Tecnología(ICCT) Galicia España
(2). Revista de divulgación científica y tecnológica "Investigación"

eddi. torri a

INNOVACIÓN, UNA OPORTUNIDAD PARA IMPULSAR LA INDUSTRIA 4.0 Y LA SOCIEDAD DE BIENESTAR

Cada euro que se invierte en innovación no es solo beneficioso, sino que es imprescindible. La sociedad que es capaz de innovar se convierte en referente para el resto de territorios, pues la competitividad, las exportaciones y los empleos estables y de calidad se incrementan exponencialmente cada vez que se prioriza la apuesta por la I+D+i. Porque como dijo Amparo Moraleda cuando era presidenta de IBM España, “la innovación es un desafío y no un drama, una oportunidad y no una amenaza” y, por tanto, es la llave maestra que nos permitirá abrir de par en par las puertas de la Industria 4.0 en Galicia.

Nos encontramos ante uno de los mayores desafíos de las últimas décadas. Esta nueva revolución industrial requiere reformular los métodos de trabajo y la manera de interrelacionarse. Por un lado, los genes que conforman el ADN de la fábrica inteligente deben estar presentes durante todo el proceso productivo; pero, al mismo tiempo, todos los agentes sociales y económicos, así como las administraciones y los centros de conocimiento, tienen que caminar en la misma dirección, pues la comunicación y el trabajo en equipo son las claves de cualquier iniciativa empresarial y con futuro.

Galicia puede hablar con conocimiento de causa sobre la innovación. Ya hemos dado pasos firmes para fomentar la cultura innovadora, buscando alianzas con otras regiones del continente, como la integración en la red europea Vanguard Initiative; y hemos puesto en marcha las estrategias que canalizan todo nuestro peso industrial e innovador: la Estrategia de Especialización Inteligente-RIS3, donde la Xunta movilizará más de 1.600 millones de euros hasta el año 2020; y la Agenda de la Competitividad Galicia-Industria 4.0, centrada en la implantación de la fábrica inteligente.

A través de la RIS3, el Gobierno gallego ha desarrollado iniciativas cuyo objetivo principal es impulsar la transferencia del mejor conocimiento gallego al mercado. Programas como las Unidades Mixtas de Investigación, el Interconecta y el Conecta Pemes, que en sus dos primeras ediciones fue capaz de mover 260 millones de euros en proyectos que agruparon a 700 empresas, son tres claros ejemplos de la apuesta decidida de la Xunta por la innovación empresarial.

En la actualidad, 300 investigadores están desarrollando en Galicia sus proyectos a través de 19 Unidades Mixtas, acciones en las que cuentan con la participación de empresas de primer nivel, como PSA Peugeot-Citroën,

Roche Farma, Coren, Calvo, Gas Natural o Repsol, para llevar a buen término sus iniciativas, como medicamentos para frenar el dolor o el desarrollo de tecnologías para implantar la fábrica inteligente en nuestra industria conservera.

Pero una sociedad que trabaja pensando en su futuro no puede mirar a corto plazo y conformarse con lo que ha conseguido; debe seguir apostando por proyectos que están dando resultados y que la propia experiencia certifica que favorecen la innovación, la competitividad del tejido empresarial y la generación de empleos de calidad. Y por este motivo, acabamos de aprobar en la Xunta una tercera convocatoria que permitirá alcanzar las 25 Unidades Mixtas de Investigación, con una inversión público-privada final de 87 millones de euros y la consecución de 360 empleos cualificados.

Uno de los proyectos que mejor ejemplifica que esta apuesta por la innovación es fundamental a la hora de estar a la vanguardia y servir como polo de atracción estratégico para captar grandes inversiones es el parque tecnológico e industrial de aviones no tripulados de uso civil en Rozas (Lugo), un proyecto único y pionero que sitúa a Galicia en el tren delantero de un sector como el aeronáutico que será capaz de generar un volumen de negocio de más de 120.000 millones hasta 2020.

En el caso concreto de Rozas, ese espíritu de colaboración e interrelación entre entidades se ha traducido en la celebración de un procedimiento público con el que se ha logrado la implicación de dos socios tecnológicos como Indra e Inaer, que aportarán 75 millones de euros a un proyecto que generará 600 empleos y al que la Xunta contribuirá con 40 millones más en esta primera fase.

Desde el Gobierno gallego somos plenamente conscientes de la trascendencia que tiene la diversificación, una premisa clave para afianzar una imagen de marca global y coordinada de nuestra Industria 4.0. En este sentido, hemos puesto en marcha la Estrategia de Impulso a la Biotecnología 2016-2020, que permite terminar la vertebración del apoyo público al sector Bio iniciada con la Estrategia de Especialización Inteligente.

La Xunta prevé movilizar 200 millones de euros en el campo biotecnológico, una inversión que tendrá tres consecuencias directas fundamentales para el sector: crear 30 nuevas empresas; incrementar el empleo en un 25%, sumando 300 puestos de trabajo a los cerca de 1.300 actuales; y hacer de nuestra comunidad una referencia europea, con un aumento

de la facturación de las compañías del 20%, hasta alcanzar los 300 millones.

Aseguraba Castelao que “el verdadero heroísmo consiste en convertir los sueños en realidades y las ideas en hechos”. Y desde Galicia, para ayudar a que la sociedad cuente con los mimbres necesarios para hacer realidad sus ideas y poder de este modo avanzar en un modelo centrado en la innovación y las nuevas tecnologías, la Xunta diseña todas sus políticas con unos retos muy claros: mejorar la calidad de vida de las familias, la competitividad de las empresas, y lograr que nuestra comunidad se sitúe al frente de la vanguardia tecnológica. Sólo así, se pueden garantizar para Galicia la captación de los mejores flujos de bienestar, talento, empleo de calidad y de inversión.

Francisco Conde López
Conselleiro de Economía, Empleo
e Industria. Xunta de Galicia

a
rt
ic
ulos

PLANTAS EXCÉNTRICAS: PARASITISMO EN EL GÉNERO RAFFLESIA

Paula Estévez Caride,
M^a Cristina Arias Fernández

Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud. Parasitología, Facultad de Biología, Universidad de Vigo

Palabras clave: parásito, hospedador, micelio, flor, endofítico, planta holoparásita.

INTRODUCCIÓN

Rafflesiaceae es una familia de plantas holoparásitaexclusivas de las raíces o tallos de la liana Tetrastigma sp. (Familia Vitaceae), y que pertenecen al orden de las Malpighiales.

Actualmente, se incluyen 3 géneros dentro de esta familia: *Rafflesia*, *Rhizanthese* *Sapria*, distribuidos a lo largo del sudeste asiático, destacando Borneo como centro de diversidad (Heide-Jørgensen, 2008). Anteriormente se consideraban a los géneros: *Cytinus*, *Bdallophyton*, *Mitrastema*, *Pilostyles*, y *Apodanthes* parte del mismo clado (Cronquist, 1988; Takhtajan, 1997). Con los últimos estudios sobre la diversidad del polen y la morfología de sus estructuras, estos géneros han sido separados en clados diferentes (Takhtajan et al., 1985).

Como todas las holoparásitas, son plantas completamente dependientes de su hospedador para sobrevivir, ya que no presentan cloroplastos funcionales (Musselman and Press, 1995). Tienen plastos, pero estos carecen de clorofila. Los plastos han perdido todos los genes. Presumiblemente, una vez que la fotosíntesis ya no era necesaria, los cloroplastos fueron atrofiándose hasta perder su genoma. Tampoco se ha hallado en el genoma nuclear los genes que normalmente determinan que los plastos

funcionen (Bendiksby, et al. 2010) (Pennings and Callaway, 2002). Pero además, son parásitos endofíticos, es decir, el cuerpo vegetativo de la planta se localiza dentro de los tejidos del hospedador. El único contacto con el exterior que realizan estas plantas, aparte de en su forma como semillas, es durante la floración, donde se produce la emergencia del brote floral desde el tejido de hospedador (Kuijt, 1969; Heide-Jørgensen, 2008; Nikolov et al., 2014).

Este cuerpo vegetativo es, tanto en *Sapria*, como en *Rhizanthese* y *Rafflesia*, una especie de micelio formado por un conjunto de filamentos uniseriados orientados radialmente a la raíz o tallo del hospedador. En los tres géneros además, no están presentes hojas, tallos o raíces, y es a través del micelio como obtienen sus recursos para sobrevivir.

Esto se contrapone con el esquema típico de otros parásitos no endofíticos, que desarrollan haustorios para invadir los tejidos del hospedador presentando aparte un cuerpo vegetativo externo que si se mantiene. Este micelio por tanto, supone una de las modificaciones más importantes del cuerpo vegetativo de las angiospermas.

EL GÉNERO RAFFLESIA

El género *Rafflesia*, es uno de los más populares de esta familia, y abarca aproximadamente 20 especies que producen las mayores flores en todo el mundo, alcanzando tamaños de hasta 1m de diámetro y un peso de 7 Kg (Nais, 2001). A pesar de esto, y al igual que el resto de la Familia, son plantas muy poco estudiadas.

• Ciclo Biológico

El ciclo biológico de *Rafflesia*, o de forma general, el de su Familia, puede resumirse en los siguientes datos: Tras la germinación de las semillas, se sugiere que el micelio endofítico se forma partiendo directamente de un proembrión y no un embrión completo como en el resto de angiospermas.

El micelio invade y crece dentro de los tejidos del hospedador, y el paso de cuerpo vegetativo a uno reproductor suele producirse o ser incentivado cuando el hospedador detecta al parásito e intenta defenderse de él. Cuando esto ocurre, los filamentos del micelio (indiferenciados), forman un protobulbo que dará lugar al brote floral que emerge del tejido del hospedador. El brote se encuentra unido además de al micelio, al sistema vascular del hospedador formando una estructura que es

el resultado de la respuesta del hospedador a la invasión del parásito, y a la propia acción de este. La estructura en sí, actúa como soporte del brote floral en la base (Nikolov et al., 2014). Tras la maduración de los bulbos, se produce su apertura y florecimiento.

Una desventaja para estas plantas, es el largo tiempo de desarrollo que requieren los bulbos para madurar, ya que en muchos casos no son capaces de llegar a conseguirlo y florecer si las condiciones ambientales son desfavorables o el hospedador está en mal estado (Heide-Jørgensen, 2008).

Por otro lado la duración de las flores (tan solo unos 5 días antes de marchitarse), puede ser un factor limitante en su reproducción. Es importante destacar que las flores están estrechamente relacionadas con los polinizadores y dispersores de semillas, presentando diferentes tipos de estrategias. Una de las principales, es la liberación de sustancias volátiles que imitan el olor a carne podrida, carroña o heces. Esto les permite atraer a los insectos para que las polinicen (Beaman et al., 1988). Una vez polinizadas las flores, el fruto se desarrolla conteniendo las semillas en su interior.

Las semillas que forman las flores, están embebidas en un tejido placentario, y los frutos pueden ser devorados por animales, principalmente ratas (Bänziger, 2004). También se han propuesto otros animales como jabalíes, ardillas, musarañas y elefantes como dispersadores (Heide-Jørgensen, 2008).

Los animales al defecar, dispersan las semillas, y si consiguen alcanzar a su hospedador, se desarrollan y comienzan a penetrar en su tejido. El micelio acaba generando un bulbo que emerge, y tras madurar se abre la flor.

Se supone, que de una forma similar al género *Rhizanthus*, algunas de las especies de *Rafflesia* pueden ser endotérmicas, alcanzando hasta 6K por encima de la temperatura ambiental.

Todos estos factores juntos, hacen que tengan un gasto metabólico alto a cambio de atraer a sus polinizadores. Este gasto se compensa con los nutrientes adquiridos del hospedador (Patiño et al., 2002).

• Estructura Floral

La única parte externa de las plantas de la familia Rafflesiaceae, son las flores. En el caso específico de *Rafflesia*, suelen disponerse cerca de la superficie del suelo, aunque en casos como *R. canleyi*, pueden situarse sobre los tallos de

Tetrastigma alcanzando hasta a 4 m de altura, demostrando una importante capacidad de infección (ya que esta se da a nivel del suelo) (Henning et al., 2008).

Al igual que en la mayor parte de individuos de la familia, *Rafflesia* presenta una cámara floral amplia, definida por un diafragma que se arquea hacia la columna central y encierra las estructuras reproductivas, y que procede de la corola (Figura 1) (Nikolov et al., 2014). En la parte superior de la columna, se forma un disco plano con una serie de "dientes", que parecen intervenir en la dispersión del olor y la convección del calor en la flor. Algunas especies como *R. kerrii*, también presentan pelos.

Por último, las flores tienen brácteas que la rodean, así como de 5 a 6 pseudo-pétalos procedentes del perianto unidos en un tubo, y su color abarca desde rojizos a marrones, presentando además casi todas las especies parches blancos translúcidos.

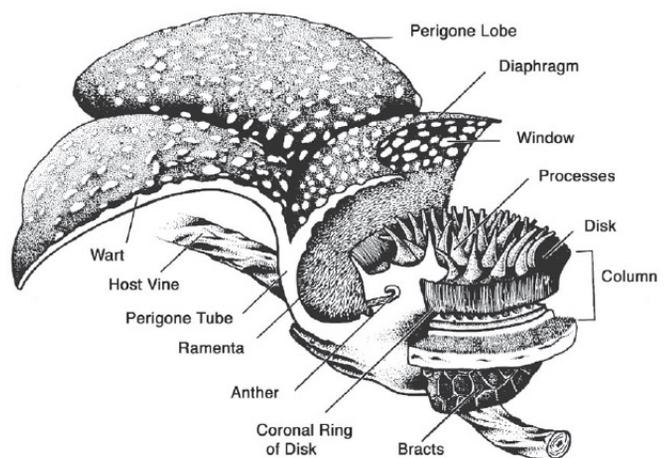


Figura 1: Corte longitudinal de una flor de *Rafflesia* sp. Nickrent, D. L. (Online)

En cuanto a la reproducción, las flores de *Rafflesia* son dioicas por aborto, presentando en el caso de las flores macho, ovarios vestigiales, mientras que las flores hembras presentan estambres reducidos (Meijer, 1997). A pesar de esto, si existen algunas especies con flores monoicas como *R. baletei* o *R. verrucosa*, aunque estos casos son mucho menos frecuentes (Barcelona et al., 2006; Bänziger et al., 2007; Balete et al., 2010).

En las especies dioicas, las anteras se disponen en las flores masculinas en el límite externo de un surco alrededor de

la columna bajo el disco, pudiendo además presentar pelos (Figura 1). Y en las flores femeninas, el estigma se localiza en la parte inferior del disco (Heide-Jørgensen, 2008).

- **Diferencias entre los Géneros**

Entre los 3 géneros de la familia Rafflesiaceae pueden encontrarse una gran cantidad de similitudes, pero también algunas diferencias importantes entre ellas.

Rafflesia y *Sapria*, por ejemplo, son muy similares en cuanto a la estructura de la cámara floral, ya que se basa en una estructura parcialmente cerrada que engloba el perianto y los órganos reproductivos (Figura 2). En el caso de *Rafflesia*, este perianto se encuentra fusionado al verticilo floral que compone el diafragma, y que forma el techo de la cámara. Por otro lado, *Sapria* contiene dos verticilos libres que corresponden a los sépalos y al verticilo floral, su diafragma se forma a partir de una estructura en anillo entre el perianto y el androceo, algo diferente a la formación del de *Rafflesia*, por lo que la construcción de las cámaras son diferentes en ambos géneros (Nikolov et al., 2013).

Rhizanthus no presenta una cámara floral como en los dos géneros anteriores (Figura 2), pero sí presenta una expansión

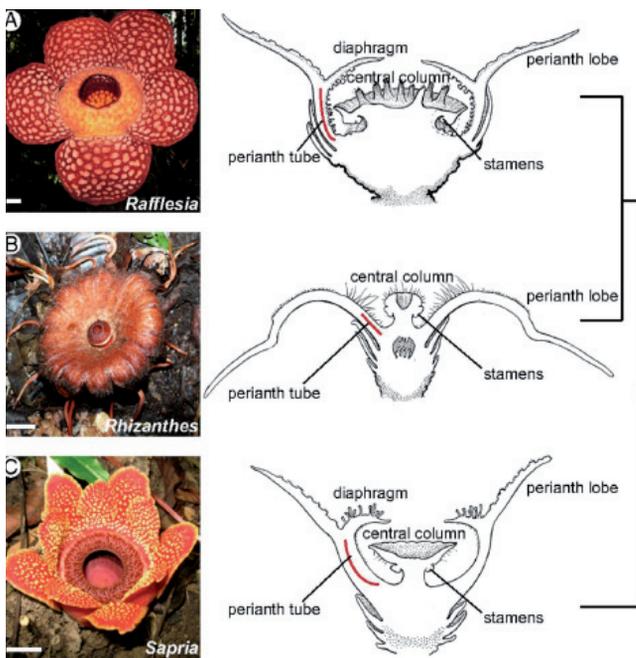


Figura 2: Morfología general, secciones longitudinales y filogenia aceptada de *Rafflesia*. Comparación de las cámaras florales, su diafragma y las columnas centrales. Escala de las barras: 2cm

de la estructura en forma de anillo similar a la de *Sapria*. El anillo en este caso, forma almohadillas que se fusionan a los lóbulos del perianto, mientras que en *Sapria* el anillo forma el diafragma (Figura 2) (Nikolov et al., 2013).

- **Filogenia y evolución**

Las plantas holoparasitas siempre han sido problemáticas a la hora de identificar sus relaciones filogenéticas. Esto se debe a la reducción de las estructuras vegetativas y a los genes que pueden haber perdido, o evolucionado a tasas muy altas de velocidad (de Pamphilis and Palmer, 1990; Kujit, J., 1969).

En el caso de *Rafflesia*, ha ocurrido un intercambio de genes por transferencia horizontal entre esta y la familia Vitaceae. Xi et al. (2013), confirmaron que entre el 24 y 41 % de los genes mitocondriales que examinaron, fueron transferidos del hospedador al parásito (probablemente mediante recombinación homóloga). Además de esto, parecen seguir siendo funcionales.

Esta interacción entre ambas familias, es la relación más estrecha que se conoce entre parásito-hospedador en plantas terrestres (Missouri Botanical Garden, Online), y se calcula que las relaciones de parasitismo entre estas familias han ocurrido de forma independiente hasta 4 veces en su historia evolutiva (Barkman et al., 2004; Nickrent et al., 2004; Nikolov et al., 2014).

- **Consideraciones finales: las ventajas de una planta parásita**

Como es apreciable en este trabajo bibliográfico, el género *Rafflesia* pertenece a una familia muy poco conocida, donde todos los géneros presentan unas características morfológicas y de desarrollo muy particulares. Es un género, que aunque sus especies son de vida parasitaria, debe ser protegido por diversas razones. El género *Rafflesia* vive en los bosques húmedos del sureste asiático, un hábitat que está desapareciendo rápidamente conforme se talan las selvas para ceder paso a la agricultura y el desarrollo económico. La zona geográfica donde crece esta especie está limitada a las reducidas selvas de la península de Malasia y las islas de Borneo y Sumatra; la especie es escasa y está en vías de extinción. El gobierno de Indonesia ha establecido algunos parques y reservas para proteger su desarrollo. En el marco de un innovador programa de conservación, que pretende aprovechar su potencial para el ecoturismo, los pobladores que viven cerca de *Rafflesia sp.*, se han convertido en los mejores cuidadores de estas plantas. A cambio de cuidarlas,

reciben un incentivo económico por parte del gobierno y pueden cobrar una módica tarifa a los curiosos visitantes.

Por otra parte, *Rafflesia* es cada vez más importante en Sanidad Humana y Animal. Desde tiempo inmemorial, los indígenas utilizan esta planta para reducir la fiebre, como antibiótico, en el parto y en el post-parto. En base a ello, se realizaron, y se siguen realizando una serie de investigaciones. Lo primero que se pudo comprobar es que la planta proporciona protección antimicrobiana a su planta hospedadora. (Scott, 2008). Paralelamente se demostró la capacidad afrodisíaca de algunos péptidos bioactivos, (Asiah et al., 2007). Las investigaciones en curso ya han demostrado que una serie de sustancias extraídas de *Rafflesia sp.* tienen acción antimicrobiana contra las bacterias que causan la intoxicación alimentaria producida por *Bacillus cereus* y las infecciones por el estafilococo *Staphylococcus aureus*. (Wiar et al., 2004) (An-Na Li et al., 2014). También acciones in vitro contra las infecciones por *Trypanosoma gambiense* y *Trypanosoma rhodesiense* (Tripanosomosis africanas) (Norhayati et al., 2013). Desde hace unos años también se realizan estudios de varios compuestos químicos con posible acción anti-cancerígena. (Walairat et al., 2013a y 2013b).

Pensemos en esto: *Un estilo de vida parasitario es inusual entre las plantas, pero es una modalidad que, de hecho, se presenta. Quince familias diferentes de plantas incluyen especies parasitarias y los taxónomos estiman que el parasitismo ha evolucionado por lo menos en nueve ocasiones a lo largo de la historia evolutiva de las plantas. ¿Por qué a pesar de los obvios beneficios de la fotosíntesis, el parasitismo, que va acompañado de una pérdida parcial o total de la capacidad fotosintética, evolucionó repetidamente en las plantas que realizan la fotosíntesis?* La evolución produce, sin duda, extraños resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- An-Na Li, Sha Li; Yu-Jie Zhang; Xiang-Roung Xu, Yu-Ming Chen and Hua-Bin Li (2014). Resources and Biological Activities of Natural Polyphenols. *Nutrients* 6: 6020-6047.
- Asiah, O; Nurhanan, M.Y. and Mohd Ilham (2007). Determination of Bioactive Peptide (4.3 KDA) as an aphrodisiac Marker in Six Malaysian Plants. *Journal of Tropical Forest Science* 19 (1): 61-63.
- Balete, D.S., Pelser, P.B., Nickrent, D-L. and Barcelona, J.F. (2010). *Rafflesia verrucosa* (Rafflesiaceae), a new species of small-flowered *Rafflesia* from eastern Mindanao, Philippines. *Phytotaxa* 10: 49-57.
- Bänziger, H. (2004). Studies on hitherto unknown fruits and seeds of some Raffle-siaceae, and a method to manually pollinate their flowers for research and conservation. *Linzer biologische Beiträge* 36 (2): 1175-1198.
- Bänziger, H., Lamb, A., and Kocyan, A. (2007). Bisexual *Rhizanthelovii* (Beccari) Harms (Rafflesiaceae) from Borneo: First description of flowers, fruits and seeds. *Natural History Bulletin of the Siam Society* 55: 341-352.
- Barcelona, J., Cajano, M. and Hadsall, A. (2006). *Rafflesiabaletei*, another new *Rafflesia* (Rafflesiaceae) from the Philippines. *Kew Bulletin* 61: 231-237.
- Barkman, T.J., Bendiksby, M., Lim, S.H., Salleh, K.M., Nais, J., Madulid, D. and Schumacher, T. (2008). Accelerated rates of floral evolution at the upper size limit for flowers. *Curr. Biol.* 18(19): 1508-1513.
- Barkman, T.J., Lim, S. K., Salleh, K.M. and Nais, J. (2014). Mitochondrial DNA sequences reveal the photosynthetic relatives of *Rafflesia*, the world's largest flower. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 101:787-792.
- Beaman, R. S., Decker, P. J. and Beaman, J. H. (1988). Pollination of *Rafflesia* (Rafflesiaceae). *Amer. J. Bot.* 75: 1148-1162.
- Bendiksby, M., Schumacher, T., Gussarova, G., Nais, J., Salleh M. K., Sofiyanti, N., Madulid, D., Smith, S. A., Barkman, T., (2010). Elucidating the evolutionary history of the Southeast Asian, holoparasitic, giant-flowered Rafflesiaceae: pliocene vicariance, morphological convergence and character displacement. *Mol. Phylogenet. Evol.* 57: 620-633.
- De Pamphilis, C. W. and Palmer, J. D. (1990) Loss of photosynthetic and chlororespiratory genes from the plastid genome of a parasitic flowering plant. *Nature* 348: 337-339.
- Kuijt, J. (1969). *The Biology of Parasitic Flowering Plants*. Univ. of California Press, Berkeley.
- Meijer, W. (1997). *Rafflesiaceae*. *Flora Malesiana*. Series I. Spermatophyta 13: 1-42.
- Heide-Jørgensen H. (2008). *Parasitic flowering plants*. Leiden, The Netherlands: Brill Academic Publishers.
- Musselman, L.J. and Press, M.C. (1995). Introduction to parasitic plants. In: Press, M.C. and Graves, J.D., eds. *Parasitic Plants*. London, UK: Chapman & Hall, pp. 1-13.
- Missouri Botanical Garden. Online: <http://www.mobot.org/mobot/research/apweb/orders/malpigialesweb.htm> (Última visita: 27/03/2016).

Nais, J. (2001). *Rafflesia of the World*. Sabah Parks & Natural History Publications. Borneo, Kota Kinabalu, Sabah, 243 p.

Nickrent, D. L. Southern Illinois University. Online: <http://www.parasiticplants.siu.edu/> (Última revisión: 27/03/2016)

Nickrent, D. L., Duff, R. J. and Colwell, A. E. (1998). Molecular phylogenetics and evolutionary studies of parasitic plants. In D. E. Soltis, P. S. Soltis & J. J. Doyle (Eds.), *Molecular systematics of plants II DNA sequencing* (pp. 211-241). Boston, USA: Kulwer Academic.

Nikolov, L.A., Tomlinson P. B., Manickam S., Endress, P. K., Kramer, E. M., Davis C. C. (2010). Holoparasitic *Rafflesiaceae* possess the most reduced endophytes and yet give rise to the world's largest flowers. *Mol. Phylogenet. Evol.* 57(2): 620-633.

Nikolov, L.A., Endress, P. K., Sugumaran M., Sasirat S., Vessabutr S., Kramer E.M., Davis C. C., (2013). Developmental origins of the world's largest flowers, *Rafflesiaceae*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 110(46): 18578-18583.

Nikolov, L.A., Staedler, Y. M., Manickam, S., Schönenberger, J., Endress, P.K., Kramer, M., and Davis C.C. (2014). Floral structure and development in *Rafflesiaceae* with emphasis on their exceptional gynoecea. *Am. J. Bot.* 101(2):225-243.

Nikolov, L.A., Tomlinson, P.B., Manickam, S., Endress, P.K., Kramer, E.M. and Davis, C.C. (2014). Holoparasitic *Rafflesiaceae* possess the most reduced endophytes and yet give rise to the world's largest flowers. *Annals of Botany* 114: 233-242.

Norhayati, I.; Getha, K.; Muhd-Haffiz, J.; Mohd-Ilham, A.; Lili Sahira, H.; Siti Syarifah, M.M. and Muhd Syamil, A. (2013). In vitro antitrypanosomal activity of Malaysian Plants. *J. Tropical Forest Sci.* 25(1): 52-59.

Patiño, S., Aalto, T., Edwards, A.A., and Grace, J. (2002). Is *Rafflesia* an endothermic flower? *The new Phytologist* 154 (2): 429-437.

Pennings, S. C., Callaway, R. M., (2002). *Parasitic plants: parallels and contrasts with herbivores*. Springer-Verlag.

Press, M.C., Scholes, J.D. and Walting, J.R. (1999). Parasitic plants: physiological and ecological interactions with their hosts. In M. C. Press, J. D. Scholes & M. G. Barker (Eds.), *Physiological plant Ecology* (pp. 175-197). Oxford, UK: Blackwell Science.

Press, M.C. and Phoenix, G.K. (2005). Impacts of parasitic plants on natural communities. *New Phytol.* 166(3): 737-751.

Scott, P (2008). *Physiology and behaviour of plants: parasitic plants*. John Wiley & Sons, pp. 103-112.

Takhtajan, A., Meyer, N. and Kosenko, V. (1985). Pollen morphology and classification in *Rafflesiaceae*. I. [in Russian]. *Botanicheskii Zhurnal* 70: 153-162.

Walairat Tancharoen, Sugree Teeraaungkul, Aungkana Krajarng, Sirinun Nilwarangoon and Ramida Watanapokasin (2013a). Apoptosis induction by *Rafflesia kerrii* Meijer Flower Extract via Caspase-Dependent and Down-Regulation of ERK Signaling Pathway in Epidermoid Carcinoma Cells. *J. Modern Med. Chem.* 1: 37-42.

Walairat Tancharoen, Malin Chulasiri, Sirinun Nilwarangoon, Yukio Nakamura and Ramida Watanapokasin (2013b). Apoptosis induction of skin cancer cell death by plant extracts. *J. Med. Assoc. Thai.* 96 (Suppl. 1): S60-S64.

Wart, C, Mogana, S., Khalifah, S., Mahan, M; Ismail, S., Buckle, M., Narayana, A.K. and Sulaiman, M. (2004). Antimicrobial screening of plants used for traditional medicine in the state of Perak, Peninsular Malaysia. *Fitoterapia* 75 (1): 68-73.

Xi, Z., Bradley, R.K., Wurdack, K.J., Wong, K.M., Sugumaran, M., Bomblies, K., Rest, J.S. and Davis, C. C. (2012). Horizontal transfer of expressed genes in a parasitic flowering plant. *BMC Genomics* 13: 227-230.

COMUNIDADES DE ZOOPLANCTON DEL SISTEMA DE AFLORAMIENTO DE CABO SILLEIRO (41-42° N, NOROESTE DE ESPAÑA): CARACTERIZACIÓN ESPACIO-TEMPORAL

Alexandra Castro-Bugallo¹, Álvaro Roura^{1,2}

¹ Department of Ecology, Environment and Evolution, La Trobe University, Victoria, Australia

² Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo (IIM-CSIC), Pontevedra, España

RESUMEN

En este trabajo caracterizamos la variación espacio-temporal de las comunidades de mesozooplankton (0.2 a 20 mm longitud) del sistema de afloramiento costero de Cabo Silleiro (41-42°N). Las muestras de mesozooplankton se recolectaron enfrente de las costas de Galicia y Portugal a bordo del buque "Sarmiento de Gamboa" durante la campaña CAIBEX-I en verano del 2009, utilizando una red bongo de 375 micras a tres profundidades diferentes (5, 100 y 500 m). Para poder determinar si las comunidades de zooplankton son transportadas por las masas de agua aflorada, llevamos a cabo dos experimentos de deriva de 4 días de duración, en los que, gracias a unas boyas equipadas con una vela de 100 metros de profundidad pudimos seguir al agua aflorada (experimento lagrangiano). Se recogieron muestras de zooplankton en torno a la boya tanto por el día como por la noche en dos situaciones oceanográficas distintas: a) fuera de la plataforma continental con una situación de relajación post-afloramiento debido al cese de los vientos del norte y, b) en la plataforma continental al inicio de un fuerte periodo de afloramiento debido a la reactivación de los vientos del norte. Entre 500 y 1.000 organismos se identificaron taxonómicamente de las 55 muestras recogidas. Los análisis multidimensionales revelaron la existencia de dos comunidades muy diferenciadas: una costera y otra oceánica. Un análisis exhaustivo reveló tres comunidades

distintas en la costa y cinco en el océano. Se encontró un fuerte gradiente horizontal en la estructura de comunidades costeras determinado por la distancia a costa y la progresiva disminución de larvas de organismos costeros (meroplancton). Por el contrario, la estructura de las comunidades oceánicas estuvo determinada por un gradiente vertical determinado por la profundidad y los migradores verticales. Este estudio aporta valiosa información sobre cómo las comunidades de zooplankton cambian conforme el agua aflorada viaja sobre la plataforma y se aleja de la costa. Las comunidades costeras de zooplankton no son arrastradas por las corrientes superficiales afloradas sino que la mayoría de organismos evitan esta advección modificando su posición vertical, quedando retenidas cerca de la costa. Otros, como las larvas de pulpo, permanecen en estas corrientes superficiales y son transportadas mar adentro. Aquí desarrollan su etapa planctónica dentro de las comunidades oceánicas, evitando la comunidad superficial durante el día.

INTRODUCCIÓN

Aunque por su tamaño se encuentra prácticamente ajeno a los ojos de la mayoría (0.2 - 20 mm), el mesozooplankton es un elemento clave de los sistemas de afloramiento costeros. Dentro de este grupo extraordinariamente diverso encontramos las larvas de muchas especies comerciales (pulpo, langosta, centolla, santiaguíño...), plancton gelatinoso (cnidarios, salpas y sifonóforos), quetognatos, apendicularias, larvas de equinodermos (erizos de mar, ofiuras y estrellas de mar) y copépodos, muchos copépodos. La importancia del mesozooplankton crece en los sistemas de afloramiento costeros, transfiriendo materia y energía desde el fitoplancton hasta peces y mamíferos, sustentando las mayores pesquerías del mundo (Aristegui et al. 2009). En esos sistemas, los vientos favorecen el transporte de nutrientes desde aguas profundas hasta las capas más superficiales, favoreciendo el crecimiento del fitoplancton y la productividad del sistema (Bode et al., 2009).

Galicia se encuentra al norte de uno de los cuatro sistemas de afloramiento más importantes del mundo, el sistema de

afloramiento costero de Canarias-Península Ibérica (10° - 44°), siendo una de las regiones oceánicas más productivas del mundo (Blanton et al., 1987). Su importancia radica no sólo en la explotación de los recursos pesqueros gracias a la fertilización asociada al fenómeno de afloramiento, sino también en relación al cambio climático dado la gran superficie que ocupa (Aristegui et al., 2006). El sistema de afloramiento de Cabo Silleiro es estacional y activado por los vientos del noroeste que barren la Península Ibérica entre marzo/abril y septiembre/octubre. El agua aflorada emerge primeramente a lo largo de la línea de costa hacia el sur (Barton et al. 2001). Sin embargo, cuando los vientos del norte soplan de manera continuada durante más de una semana, el agua aflorada comienza a exportarse más allá de la plataforma continental - forzada por accidentes geográficos como cabos - formando filamentos de agua fría superficial rica en nutrientes que conectan con el océano abierto (Fig.1a). Los filamentos que se forman en torno a Cabo Silleiro exportan hasta 4.1×10^8 kg de C al año, que corresponde al 20% de la producción primaria de la zona (Álvarez-Salgado, 2007).

Los estudios realizados sobre comunidades de mesozooplankton en el sistema de afloramiento de Cabo Silleiro están centrados en las aguas costeras del mismo, donde se concentran las mayores biomásas gracias al abundante fitoplancton (Blanco-Bercial et al., 2006; Roura et al. 2013). Son escasos los trabajos que exploran las comunidades en mar abierto donde las aguas están fuertemente estratificadas y la producción primaria es muy baja (Halvorsen et al. 2001). Las comunidades de zooplankton están controladas de abajo a arriba por la hidrografía y los procesos de mesoescala, como frentes, giros y filamentos. Así mismo, existe un control trófico de arriba a abajo en las zonas oceánicas principalmente, donde migradores verticales como peces, medusas y gambas ascienden cada noche para alimentarse del fito y zooplankton exportado por los filamentos (Hernández-León et al. 2002). Se asume que las masas de agua transportan a los organismos del zooplankton de manera pasiva o "errante". Pero, poco se sabe sobre cómo cambian las comunidades de zooplankton espacio-temporalmente y dentro de masas de agua afloradas que viajan decenas de kilómetros.

En 2009 se desarrolló la campaña oceanográfica conocida como CAIBEX-I dentro del proyecto CAIBEX: "Intercambios plataforma-océano en el sistema de afloramiento de Canarias - Península Ibérica". El objetivo de esta campaña era comparar la dinámica y actividad biogeoquímica entre la costa y el océano en el sistema de afloramiento de Cabo Silleiro. Uno de los objetivos concretos de esta campaña era investigar cómo cambian temporalmente, si es que cambian, las comunidades de zooplankton dentro de las masas de agua afloradas. ¿Se trata de la misma comunidad? ¿Existen intercambios de

comunidades de zooplankton entre la costa y el océano? ¿En qué comunidad/es se desarrollan las larvas de pulpo que nacen en la costa?

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Experimentos Lagrangianos

Para la recolección de zooplankton se realizaron dos experimentos lagrangianos a bordo del buque oceanográfico Sarmiento de Gamboa desde el 6 hasta el 24 de Julio de 2009. Los experimentos lagrangianos se realizaron empleando una boya de deriva liberada en masas de agua aflorada, previamente localizada mediante el mapeo con un SeaSoar. Este instrumento aporta información de diferentes variables oceanográficas que permiten identificar las masas de agua aflorada (temperatura, fluorescencia, conductividad, profundidad...). Una vez localizada el agua aflorada, se largaba la boya oceanográfica con un cabo de 100 metros de profundidad lastrado por un plomo de 100 Kg. A lo largo de su longitud dos grandes velas posibilitan que esta boya se desplazara siguiendo la masa de agua, en lugar de hacerlo por la influencia de los vientos superficiales.

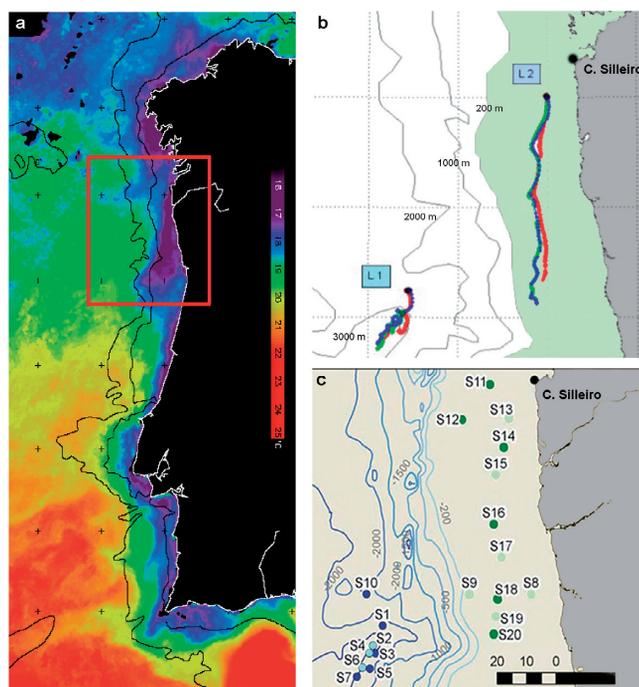


Figura 1. a) Temperatura superficial captada por satélite al final del segundo experimento lagrangiano (L2), donde se ve la masa de agua aflorada fría (en violeta) que seguimos durante 4 días. El recuadro rojo indica el área de muestreo cubierta durante la campaña CAIBEX. b) Trayectorias de las boyas lagrangianas durante el primer experimento lagrangiano realizado sobre el talud continental (L1), y el segundo (L2) realizado sobre la plataforma continental. c) Muestras de zooplankton recogidas durante L1 (azul) y L2 (verde). Los colores claros indican muestreo diurno y los oscuros nocturno

Las condiciones meteorológicas durante la campaña fueron desfavorables para el desarrollo de filamentos de agua aflorada fuera de la plataforma, por lo que los dos experimentos lagrangianos se realizaron bajo las siguientes condiciones. El primer experimento lagrangiano (L1) se realizó fuera de la plataforma continental (sobre fondos que iban de 1.900 a más de 3.000 m de profundidad) inmediatamente después de un periodo de afloramiento debido a intensos vientos del norte en el que se empezó a desarrollar un filamento en el borde de la plataforma continental, pero el viento roló y el filamento no se desarrolló. Las muestras para este primer experimento se tomaron desde el 10 al 14 de Julio 2009 cuando ya había cesado el viento del norte, por lo que la boya se desplazó lentamente hacia el suroeste recorriendo poca distancia (Fig. 1b). Desde el 17 al 21 de Julio los vientos del norte se reactivaron y se llevó a cabo el segundo experimento lagrangiano (L2) siguiendo un evento de afloramiento sobre la plataforma continental (con fondos entre 70 y 140 m de profundidad por lo que el cabo de la boya se tuvo que acortar a 60 m). Esta masa de agua aflorada, claramente visible en la imagen de satélite (Fig.1a), se desplazó rápidamente hacia el Sur cubriendo más de 70 km durante los cuatro días de muestreo (Fig. 1b).

2. Muestreo de zooplancton

El muestreo de zooplancton se realizó de día y de la noche con una red bongo de 750 mm de diámetro y 375 μ m de malla equipada con un flujómetro mecánico. En L1 se muestrearon tres estratos 5, 100 y 500 m; mientras que sólo dos estratos, 5 y 100 m, se muestrearon en L2 debido a que sobre la menor profundidad sobre la plataforma (Fig.1c). Los animales fueron fijados en etanol al 70%. De estos botes, se tomaron submuestras que fueron diluidas 40 u 80 veces dependiendo de su densidad y enrasadas en botes de 100 mL para su identificación. Se identificó visualmente un rango de entre 500 y 1.000 individuos en cada muestra para determinar su abundancia relativa. Las muestras se analizaron en su totalidad para buscar larvas de cefalópodos de interés económico: pulpo, calamar y pota.

3. Análisis estadístico

La estructura de la comunidad de mesozooplancton fue estudiada con técnicas de análisis multivariantes usando el paquete estadístico PRIMER6 & PERMANOVA+ (Anderson et al, 2008). Previo al análisis, se realizó una limpieza de la base de datos seleccionando sólo aquellos taxones que aparecieron en, al menos, el 5% de las muestras. Tras ello, la abundancia relativa fue transformada mediante la función $\log(x + 1)$ para normalizar los datos. La matriz de similitudes entre las distintas muestras se calculó empleando la distancia de Bray-

Curtis, la cual refleja los cambios en la abundancia relativa y en la composición de especies.

Se realizó un análisis de coordenadas principales (PCO) para visualizar la agrupación natural de las muestras empleando gráficos de 2D y 3D. Este análisis no asume una hipótesis *a priori*, sino que representa gráficamente las muestras en función de la varianza natural encontrada en la matriz de similitudes. Los distintos grupos del PCO fueron seguidamente analizados con PERMDISP para estimar la dispersión entre ellos, tras lo cual se realizó un análisis no paramétrico permutacional ANOVA (PERMANOVA) con el fin de testar las diferencias estadísticas entre los diferentes grupos en el espacio multidimensional. Con el paquete SIMPER (Warwick and Clarke, 1991) se determinaron también las especies que contribuyeron en mayor medida a las similitudes y disimilitudes entre los distintos grupos del PCO.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El PCO mostró dos grupos bien diferenciados ($p = 0.001$) a lo largo de la componente PCO1, explicando el 59.9% de la variabilidad de la matriz de similitudes (Fig.2). De acuerdo con la localización de las muestras, encontramos perfectamente diferenciadas una comunidad sobre la plataforma (L2) y otra de océano (L1). La principal diferencia que encontramos entre ambos grupos estuvo determinada por la cantidad de meroplancton (larvas de organismos que desarrollan parte de su vida en la columna de agua) frente a la cantidad de holoplancton (aquellos organismos que desarrollan su ciclo completo en el plancton).

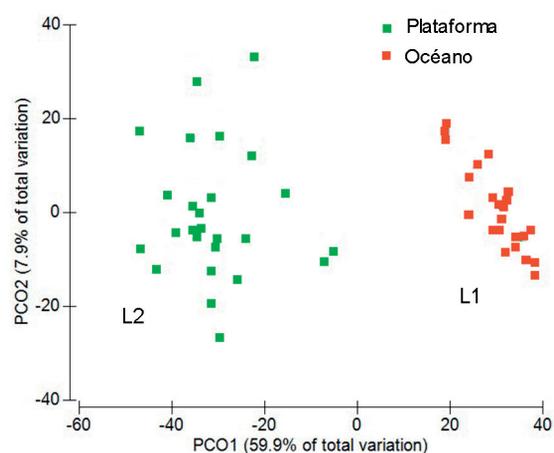


Figura 2. Resultado del análisis de coordenadas principales (PCO) donde se ven claramente dos conjuntos de datos en el espacio multidimensional que corresponden a las muestras recogidas en L1 y L2

En las muestras recogidas sobre la plataforma, la cantidad de meroplancton, representado principalmente por larvas de equinodermos (ofioluteus y equinopluteus), fue considerablemente mayor con más de 2000 individuos/m³ (Fig. 3). Otras larvas como las de decápodos también se encontraron en las muestras costeras, con máximos de larvas de cangrejo de 100 ind/m³ en la muestra más abundante. Por el contrario, en el océano la abundancia de meroplancton fue muy baja y son las larvas de gambas costeras (Alpheidae e Hippolytidae, mayoritariamente) los miembros del meroplancton más abundantes.

Las dos comunidades determinadas sobre la plataforma (L2) y el océano (L1) se analizaron independientemente para resolver si había diferencias dentro de las mismas. Al analizar las muestras de L2 descubrimos que el PCO1, que explica un 25.7% de la variabilidad, no se explicaba por ninguno de los factores estudiados (día/noche y estrato). Sin embargo, algo que caracterizaba a las muestras de plataforma era su alto contenido en meroplancton y observamos que éste iba decreciendo conforme nos acercábamos al océano. Decidimos introducir el índice H/M, cuyas siglas son las abreviaturas de Holoplancton (H) y Meroplancton (M), índice que había sido descrito para caracterizar las muestras de zooplancton de la Ría de Vigo (Roura et al., 2013). Conforme aumenta la distancia desde la costa, H/M aumenta considerablemente debido a que la cantidad de holoplancton crece en el océano mientras que la abundancia de meroplancton disminuye. Esto permite categorizar las comunidades con un valor < 5 como "costeras", de 5 - 50 como "de frente" y > 50 "oceánicas" (Roura et al., 2013).

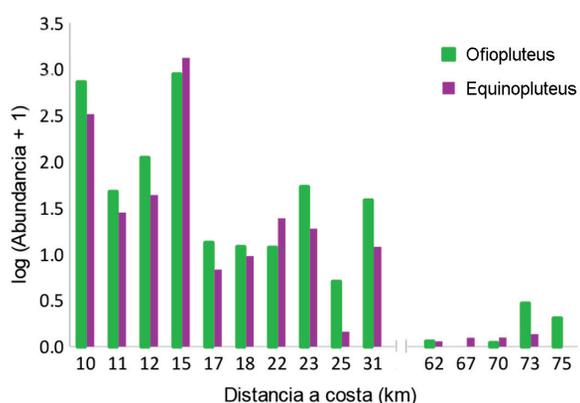


Fig. 3. Abundancia de larvas de ofiuras (ofioluteus) y de erizos de mar (equinopluteus) con respecto a la distancia a costa, la cual ha sido modificada para incluir las muestras recolectadas en el océano. Este descenso de larvas (meroplancton) con la distancia a costa, es la principal causa del aumento del índice holoplancton/meroplancton conforme nos alejamos de costa

Utilizando el H/M encontramos dos comunidades diferenciadas, una costera y otra de frente, que explicaban un 25.7% de la variabilidad observada ($p < 0.001$). Éstas a su vez cambiaban en su composición en función del estrato ($PCO2 = 14.8\%$), pero sólo significativamente para aquellas muestras recogidas en superficie. Por lo tanto, distinguimos tres comunidades sobre la plataforma gallega (L2). Así, en superficie, distinguimos dos comunidades diferentes, una de frente y otra de costa, aunque en profundidad (100 m) sólo distinguimos una única comunidad. Mientras que la comunidad de superficie costera está básicamente caracterizada por meroplancton y plancton gelatinoso (salpas y sifonóforos), en la comunidad de frente aparecen otros organismos más oceánicos (*Calanus helgolandicus*, *Acartia ssp.*, eufausiáceos). En el caso de la comunidad de profundidad, aquí también predominan las larvas de ofiuras y erizos de mar, así como algunos copépodos más oceánicos del género *Paraeuchaeta* y *Oithona*. Debemos recordar que, durante la recogida de las muestras en L2, el viento del norte estaba soplando y el sistema de afloramiento comenzó a movilizar el agua del fondo hacia la superficie. Puede que éste haya sido el motivo de no haber encontrado dos comunidades diferenciadas a 100 m de profundidad y de que, efectivamente, las diferencias más reseñables hayan sido en forma de un gradiente horizontal ocasionado por el gradiente de meroplancton desde la costa hasta el océano.

Las principales fuentes de variación de las muestras oceánicas (L1) fueron el estrato ($PCO = 35.9\%$) y el factor día/noche ($PCO2 = 16\%$). Estos resultados indican una fuerte estratificación vertical que varía diariamente, que se conoce como DSL, del inglés Deep Scattering Layer (Capa profunda de dispersión). Localizada entre 300 y 600 m de profundidad, la DSL incluye el 80% de los animales oceánicos, que realizan la mayor migración de animales conocida (Hernández-León et al., 2001). La presencia de organismos de la DSL hizo que, durante la noche, identificáramos tres comunidades diferentes en función de la profundidad (5, 100 y 500 m) y durante el día, sin embargo, reconocimos una clara comunidad superficial pero no hubo diferencias entre las comunidades de 100 y 500m.

Por lo tanto, distinguimos un total de cinco comunidades dentro de las aguas oceánicas ($p < 0.001$) inmediatamente después de una condición de afloramiento, cuando el viento del norte había dejado de soplar. Teniendo en cuenta que la DSL se localiza entre 300 y 600 m, pensábamos encontrar bastantes diferencias entre las comunidades de 100 y 500 m durante el día, ya que en esta última deberían concentrarse los organismos de mayor carácter migratorio. No obstante, esta capa no es estática y su localización en la columna de agua varía. Se ha estudiado que la profundidad mínima a la que se encuentra esta capa puede fluctuar dependiendo de la

cantidad de luz que llegue desde la superficie. Se sabe que, en días más nublados, esta capa se desplaza un poco más hacia la superficie, mientras que en días muy claros lo hace hacia zonas más profundas (Hernández-León et al., 2001). Podría haber ocurrido que la DSL durante nuestro muestreo se localizase bastante baja y lo que detectamos tanto a 100 como a 500 m fueran organismos que pertenecen a la misma comunidad de la DSL.

Aunque los omnipresentes copépodos abundan tanto en la plataforma (L2) como en el océano (L1), es en éste último donde dominan y caracterizan la comunidad, con abundancias superiores al 90%. Mientras que el nivel de identificación para decápodos y otros grupos no superó el rango de familia en la mayoría de los casos, la identificación de los copépodos se realizó por debajo de género y en la mayoría de los casos especies.

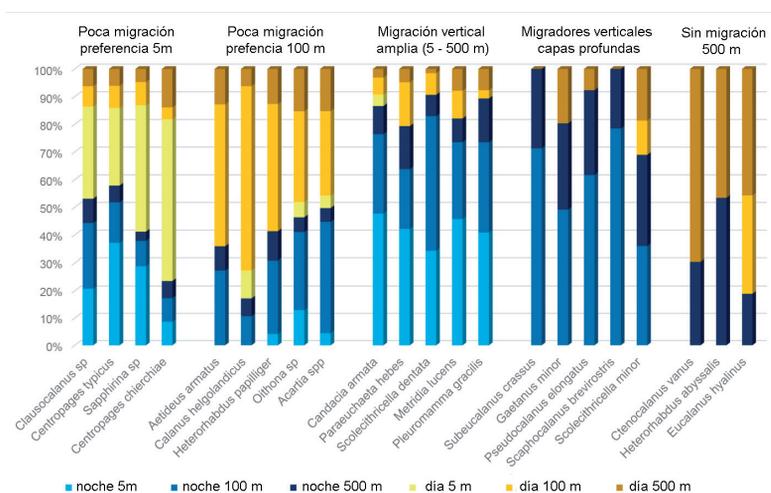


Fig. 4. Distribución vertical de distintas especies de copépodos en las muestras recogidas en el océano (L1) durante el día y la noche. Se ven claramente las distintas estrategias vitales de los copépodos, donde algunas especies llevan a cabo fuertes migraciones verticales (más abundancia durante la noche), otras permanecen en la zona más superficial y otras se encuentran sólo en los estratos más profundos

Durante el día, la comunidad de superficie en el océano se caracterizó, sobre todo, por altas densidades del copépodo *Centropages typicus* que, a diferencia de *C. chierchiae* (que dominaba las muestras costeras), se hace con el pódium como el copépodo más abundante más allá de la plataforma. Su concentración en superficie es significativamente mayor que en profundidad, y su abundancia durante el día no varía mucho con respecto a la noche (Fig. 4). Junto con esta especie aparecen otro tipo de copépodos de superficie menos abundantes pero muy llamativos, como *Sapphirina* capaces de reflejar de tal manera la luz que parecen destellos azulados en superficie. La comunidad de 100/500 m está principalmente caracterizada por dos especies de copépodos, *Pleuromamma gracilis* y *Metridia lucens*, los cuales permanecen a estas profundidades durante el día para luego, durante la noche, ascender hasta la superficie. Quienes no parecen hacer migraciones, sino que prefieren vivir en zonas de cierta

profundidad tanto durante el día como durante la noche son pequeños copépodos de los géneros *Oithona* y *Acartia*.

Durante la noche detectamos tres comunidades perfectamente diferenciadas en función de su profundidad. En superficie, algunas especies que por el día permanecieron a cierta profundidad, como *M. lucens*, *P. gracilis* y *Candacia armata*, fueron especialmente abundantes a 5 m (Fig. 4), donde suben a alimentarse a salvo de los depredadores visuales. En la comunidad de profundidad media (100 m), algunas especies del género *Scolecithricella*, como *S. dentata* y *S. minor*, así como copépodos relativamente grandes como *Mesocalanus tenuicornis*, aumentaron su abundancia (subiendo también presumiblemente de capas más profundas). En la comunidad de mayor profundidad encontramos peculiares y escasas especies de copépodos procedentes de aguas muy profundas (> 500 m). Destacan algunos géneros como *Gaetanus* (*G. minor*, *G. acutus*, *G. giesbretchi*) y especies como *Nullosetigera helgae*, *Aetideus armatus*, *Eucalanus hyalinus*, *Heterorhabdus abyssalis* o *Pseudocalanus elongatus*, exclusivos de esta comunidad. Estas poco abundantes pero características especies de profundidad son normalmente de mayor tamaño que las que se encuentran en superficie, con gran cantidad y densidad de pelos, abundantes y desarrolladas espinas en sus apéndices y a lo largo del cuerpo, anténulas largas y robustas y dotadas algunas de cierta transparencia. A diferencia del gradiente horizontal que observamos en la costa (con mayor abundancia de meroplancton en la costa y siendo este menor conforme salíamos de la plataforma), en el océano es un fuerte gradiente vertical el que modela las distintas comunidades, quizás promovido por la marcada estratificación del agua.

Un gran descubrimiento de esta campaña fue encontrar hasta 48 paralarvas de pulpo común (*Octopus vulgaris*) más allá de la plataforma costera, posiblemente transportadas gracias a los filamentos de agua aflorada. Es la primera vez que se encuentran larvas de pulpo tan lejos de la costa, que es donde nacen y donde se pasan los primeros 15 días de vida (González et al. 2005; Otero et al. 2009; Moreno et al. 2009). Durante este tiempo, las larvas se alimentan

de larvas de cangrejo, de gambas, de peces y bivalvos (Roura et al. 2010; 2012). Comparando la dieta determinada genéticamente (Roura et al. 2012) con la abundancia de las presas en las comunidades de zooplancton (Roura et al. 2013), se descubrió que las pequeñas larvas de pulpo son cazadores extremadamente especialistas durante esta primera etapa de su vida (Roura et al. 2016a). No obstante, encontrar larvas desarrolladas en el océano abierto supone una revolución, ya que descubre una etapa totalmente desconocida de su ciclo de vida, que abre todo un nuevo abanico de oportunidades tróficas para las larvas ya que cambian las comunidades en las que viven (Roura et al. 2016b). Encontrar larvas de pulpo en el océano demuestra que pese a que las comunidades costeras y oceánicas son diferentes en su composición, ciertas especies presentes en la costa son transportadas hasta el océano para continuar con su desarrollo.

REFERENCIAS

- Anderson, M.J., Gorley, R.N., Clarke, K.R., 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Aristegui, J., Barton, E.D., Álvarez-Salgado, X.A., Santos, A.M.P., Figueiras, F.G., Kifani, S., Hernández-León, S., Mason, E., Machú, E., Demarcq, H. 2009. Sub-regional ecosystem variability in the Canary Current upwelling. *Progr Oceanogr* 83: 33-48.
- Barton, E.D., Inall, M., Sherwin, T.J., Torres, R. 2001. Vertical structure, turbulent mixing and fluxes during Lagrangian observations of an upwelling filament system off Northwest Iberia. *Progr Oceanogr* 51: 249-267.
- Blanco-Bercial, L., Álvarez-Marqués, F., Cabal, J.A., 2006. Changes in the mesozooplankton community associated with the hydrography off the northwestern Iberian Peninsula. *ICES J Mar Sci* 63:799-810.
- Blanton, J.O., Tenore, K.R., Castillejo, F., Atkinson, L.P., Schwing, F.B., Lavin, A., 1987. The relationship of upwelling to mussel production in the rias on the western coast of Spain. *J Mar Res* 45: 497-511.
- Bode, A., Alvarez-Ossorio, M.T., Cabanas, J.M., Miranda, A., Varela, M., 2009. Recent trends in plankton and upwelling intensity off Galicia (NW Spain). *Progr Oceanogr* 83: 342-350.
- Calbet, A., Saiz, E., 2005. The ciliate-copepod link in marine ecosystems. *Aquat Microb Ecol* 38: 157-167.
- González AF, Otero J, Guerra A, Prego R, Rocha F, Dale AW. 2005. Distribution of common octopus and common squid paralarvae in a wind-driven upwelling area (Ria of Vigo, northwestern Spain). *J Plank Res* 27:271-277.
- Halvorsen, E., Hirst, A. G., Batten, S. D., Tande, K. S., Lampitt, R. S. 2001. Diet and community grazing by copepods in an upwelled filament off the NW coast of Spain. *Progr Oceanogr* 51: 399-421
- Hernández-León, S., Almeida, C., Yebra, L., Aristegui, J., Fernández de Puelles, M.L., García-Braun, J., 2001. Zooplankton abundance in subtropical waters: is there a lunar cycle? *Sci Mar* 65: 59-63.
- Hernández-León, S., Almeida, C., Portillo-Hahnefeld, A., Gómez, M., Rodríguez, J.M., Aristegui, J., 2002. Zooplankton biomass and indices of feeding and metabolism in relation to a filament off the Northwest African Upwelling zone. *J Mar Res* 60: 327-346.
- Moreno A, dos Santos A, Piatkowski U, Santos AMP, Cabral H. 2009. Distribution of cephalopod paralarvae in relation to the regional oceanography of the western Iberia. *J. Plank. Res* 31:73-91.
- Otero J, Alvarez-Salgado X, Gonzalez A, Gilcoto M, Guerra A. 2009. High-frequency coastal upwelling events influence *Octopus vulgaris* larval dynamics on the NW Iberian shelf. *Mar Ecol Progr Ser* 386:123-132.
- Roura A, González AF, Pascual S, Guerra A. 2010. A molecular approach to identifying the prey of cephalopod paralarvae. *ICES J Mar Sci* 67:1408-1412.
- Roura A, González AF, Redd K, Guerra A. 2012. Molecular prey identification in wild *Octopus vulgaris* paralarvae. *Mar Biol* 159:1335-1345.
- Roura A, Álvarez-Salgado XA, González AF, Gregori M, Rosón G, Guerra A. 2013. Short-time meso-scale variability of mesozooplankton communities in a coastal upwelling system (NW Spain). *Progr Oceanogr* 109:18-32.
- Roura A, Álvarez-Salgado XA, González AF, Gregori M, Rosón G, Otero J, Guerra A. 2016a. Life strategies of cephalopod paralarvae in a coastal upwelling system (NW Iberian Peninsula): insights from zooplankton community and spatio-temporal analyses. *Fish Oceanogr* 25:241-258.
- Roura A, Doyle S, Hall N, Guerra A, González AF, Strugnell JM. 2016b. Wild oceanic *Octopus vulgaris* paralarvae provide answers for aquaculture? *J Shellfish Res* (in press).
- Warwick, R.M., Clarke, K.R., 1991. A Comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure. *J Mar Biol Assoc UK* 71: 225-244.

MICROPROPAGACIÓN DE ENCINAS:

UNA ESTRATEGIA PARA SU MEJORA Y CONSERVACIÓN

M^a Teresa Martínez¹, Elena Corredoira¹, M^a José Cernadas¹, Raquel Montenegro¹, F. Javier Vieitez¹, Laura V Janeiro², M^a del Carmen San José¹.

¹ Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia, IAG-CSIC, Avda. de Vigo s/n, 15705 Santiago de Compostela

² Área de Promoción del Territorio y Turismo, Diputación Provincial de Lugo, San Marcos 8, 27001 Lugo

1. RESUMEN

Las poblaciones de encina (*Quercus ilex* L.), una de las fagáceas perennes más representativas del bosque mediterráneo, están seriamente afectadas por la enfermedad de “la seca” producida por la concurrencia de una serie de factores bióticos y/o abióticos. En este contexto, se hace evidente la necesidad de desarrollar estrategias que permitan mejorar y conservar esta especie. La micropropagación podría ser una herramienta biotecnológica muy valiosa para tratar de clonar y conservar genotipos que muestren tolerancia a la enfermedad.

En este trabajo, seis genotipos de encinas seleccionadas de origen adulto y tres de origen juvenil fueron establecidos in vitro y multiplicados vía proliferación de yemas axilares con el fin de obtener plantas enraizadas susceptibles de ser aclimatadas y utilizadas en trabajos de regeneración/recuperación. Los genotipos de origen juvenil respondieron mejor al enraizamiento, con tasas del 25% frente al 10% de los de origen adulto. En ambos casos, son tasas muy bajas de enraizamiento por lo que se hace necesaria una optimización de esta fase de la micropropagación.

2. INTRODUCCIÓN

La encina se distribuye por la región Mediterránea, desde la Península Ibérica a Turquía por el Norte, y de Marruecos a Túnez por el Sur. En la Península Ibérica se encuentra en casi todas las regiones exceptuando Canarias, y es escasa en Galicia y el Sureste peninsular (López González 2001). Los bosques de encinas menos

alterados se presentan como formaciones más o menos cerradas en las que se reconocen diferentes estratos y donde las copas de los árboles llegan a solaparse (Rivas Martínez 1974).

Los encinares son uno de los bosques que más han sufrido la presión humana y la mayoría han sido transformados en dehesas. Las dehesas son un tipo de hábitat de origen y mantenimiento antrópico que proceden del aclarado del monte mediterráneo, eliminando el matorral y parte del arbolado. Se puede definir la dehesa como un sistema de explotación ganadera y/o cinegética de carácter multifuncional en el que al menos el 50% de su superficie está ocupado por pastizal con arbolado adulto disperso productor de bellotas y con una fracción de cabida cubierta entre el 5 y el 60%. En España, se han identificado unas 25.000 explotaciones de dehesa que incluyen en su interior 2,1 millones de hectáreas de formaciones adehesadas pero también áreas completamente desarboladas. El criterio utilizado para definir una explotación de dehesa es que al menos el 20% de su superficie corresponda a formaciones adehesadas, esto es, pastizal arbolado (Pulido et al. 2010).

Las dehesas en su mayoría tienen una configuración sabanoide de sus dos estratos, el del arbolado disperso y el formado por el pastizal/cultivo, en algunos casos aparece un tercer estrato arbustivo. El estrato arbolado lo forman generalmente diferentes especies del género *Quercus*, mayoritariamente encinas y, en menor proporción, alcornoques (*Q. suber*), melojos (*Q. pyrenaica*) o quejigos (*Q. faginea*).

Su principal objetivo es el aprovechamiento de la vegetación para el ganado vacuno, ovino, caprino y/o porcino en régimen extensivo y, de modo alternativo o complementario, por ungulados silvestres como ciervos, jabalíes, gamos o corzos que son explotados cinegéticamente. En la dehesa, también se encuentran razas de especies ganaderas cuyos objetivos principales son la producción de servicios (toro de lidia y caballo pura raza español) o la de servir de reservorio genético para mejorar otras razas (asno andaluz, vaca blanca cacereña, cabra verata, gallina azul extremeña, etc.). Asimismo, son un tipo de hábitat importante para las aves rapaces, incluyendo

la amenazada y endémica águila imperial ibérica, para las grullas comunes y para el amenazado lince ibérico. Como productos secundarios en la dehesa se producen derivados de la apicultura (miel, polen y cera), setas y trufas, plantas aromáticas y medicinales, espárragos, y en los últimos años aparece el turismo como producto emergente (Pulido et al. 2010).

La conservación de la dehesa es probablemente uno de los requerimientos clave para la preservación de la diversidad biológica mediterránea. Este hecho queda reflejado en la tipificación de las Dehesas de Encina y Alcornoque como Hábitat de Interés Comunitario (código 53510 de la Directiva 92/42/CEE) con 1.549,92 hectáreas clasificadas, de las que 511.452 están incluidas en Lugares de Interés Comunitario (LIC). Sin embargo, en las últimas décadas las poblaciones de encina sufren un decaimiento progresivo lo que ha ocasionado una disminución de sus masas forestales provocando un grave problema ambiental que amenaza su supervivencia y sostenibilidad. Esto es debido fundamentalmente a la falta de regeneración, envejecimiento del arbolado y al cambio en los usos tradicionales (Pulido et al. 2001). Históricamente la dehesa ha estado sometida a tratamientos y regímenes de aprovechamiento que generalmente conducían a la degradación, cuando no a la desaparición del sistema (Moreno y Pulido 2009; Pulido et al. 2013).

Además, desde principios del siglo XX y a lo largo de todo el mundo, las especies del género *Quercus* han mostrado diversos episodios de estrés que en ocasiones han dado lugar al decaimiento y muerte del arbolado. Estos episodios se han producido en muchos países europeos, y en España, han afectado a gran cantidad de encinas y alcornoques (León Sánchez 2013). La sintomatología que presentan los árboles afectados es inespecífica: defoliación, muerte progresiva de ramillos y ramas, abundante emisión de brotes adventicios, necrosis del sistema radical y muerte del árbol completo (Brasier 1992, 1993; Brasier et al. 1993). Este decaimiento de los encinares y alcornoques está causado fundamentalmente por la enfermedad de "la seca", cuyo principal responsable es el oomiceto *Phytophthora cinnamomi* Rands (Sánchez et al. 2003). No obstante, esta es una enfermedad de etiología compleja, resultado de la acción combinada de un número variable de factores bióticos y/o abióticos que provocan un deterioro gradual del estado fisiológico de la planta, y a menudo termina con su muerte. Los factores implicados en los decaimientos son múltiples y, lo más importante, ninguno de ellos por separado es capaz de reproducir los síntomas observados en campo. Entre estos factores se incluyen sequías severas y recurrentes, encharcamientos, contaminación atmosférica, cambios en el uso tradicional de las dehesas, ataques de insectos barrenadores de tronco, de hongos del chancro, como *Botryosphaeria stevensii* (anteriormente *Diplodia mulila*) y *Biscogniauxia mediterranea* (anteriormente *Hypoxylon*

mediterraneum) y de la bacteria *Brenneria quercina* (Soria et al. 1997). Otra característica fundamental es que estos factores son intercambiables, actuando de manera inespecífica y pueden ser distintos en el tiempo y en el espacio, dando lugar, sin embargo, a los mismos síntomas (Tapias et al. 2006).

Parece confirmada la existencia de variabilidad en la respuesta de resistencia/tolerancia de las encinas a *P. cinnamomi*, y que existe la posibilidad de seleccionar individuos que muestren una respuesta positiva en focos de "seca" (Tapias et al. 2006). La propagación vegetativa de esas encinas seleccionadas por su tolerancia a la enfermedad sería una de las formas más adecuadas de afrontar las grandes pérdidas que "la seca" está produciendo en las dehesas. Sin embargo, la propagación de estas encinas adultas seleccionadas mediante métodos convencionales presenta serias dificultades, pues la encina se considera una especie altamente recalcitrante. Tradicionalmente, las encinas han sido propagadas por germinación de sus semillas, las bellotas, ya que la propagación vegetativa enraizando estaquillas es casi imposible, especialmente a medida que se incrementa la edad de la planta madre (L'Helgoual'ch y Espagnac 1987). Ante esto, la biotecnología y las técnicas de micropropagación en particular, suponen una herramienta muy valiosa en los programas de mejora para la producción de árboles de características deseables. La clonación mediante cultivo in vitro permitirá multiplicar y conservar genotipos naturales más resistentes que se encuentren en poblaciones amenazadas o que sean de interés por algunas de sus características (tolerancia a la enfermedad, producción de fruto u otras).

La micropropagación (propagación clonal por cultivo in vitro) consiste en la propagación de plantas en un ambiente artificial controlado y aséptico, empleando un medio de cultivo adecuado. Esta técnica de propagación vegetativa in vitro permite producir plantas a escala comercial, a partir de un genotipo selecto y con una tasa de multiplicación ilimitada. Dentro de las tres vías de la micropropagación, la que mejor asegura la estabilidad genética es la proliferación de brotes axilares. En esta vía los cultivos se inician a partir de explantos que poseen meristemos intactos y los brotes que se forman son usados como propágulos. A pesar del gran número de plantas que se propagan comercialmente mediante la proliferación de yemas axilares, en encina apenas se ha investigado esta vía de la micropropagación. Únicamente podemos mencionar el trabajo de Liñán et al. (2011) que utilizando bellotas maduras germinadas in vitro, consiguieron la regeneración in vitro de plantas de encina a partir de hipocótilos y segmentos de raíz (material de origen juvenil).

En las especies leñosas, la capacidad morfogenética in vitro es generalmente más elevada en el material juvenil que en el adulto. La disminución de la capacidad morfogenética con

la edad de la planta supone un problema, ya que los árboles no presentan las características definitivas que los hacen deseables para un uso determinado hasta que alcanzan el estado adulto. Además de las cualidades que se deben a caracteres cuantitativos, como el porte, la calidad de la madera, etc., existen otras características que sólo se expresan en la maduración. La ausencia de un sistema eficaz de propagación que proporcione plantas para la recuperación de esta especie hace necesario disponer de métodos de cultivo in vitro que nos permitan clonar genotipos de encina seleccionados por sus características deseables. En esta línea se enmarca este trabajo, que se ha realizado con el objetivo de definir un protocolo de regeneración mediante la proliferación de yemas axilares para la multiplicación de individuos seleccionados de encina adulta.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el mes de enero, se recogieron ramas de la copa de encinas adultas seleccionadas por la producción de bellota en las fincas de El Encin (Madrid) y Quintos de Mora (Toledo). Las ramas se cortaron en estacas (25-30 cm) que fueron desinfectadas superficialmente por inmersión en una solución de fungicida 3,5 g l⁻¹ durante al menos una hora, y después se dejaron secar sobre papel de filtro durante 24 horas. Las estacas, ya secas, se disponen verticalmente en bandejas con perlita humedecida en agua para forzar su brotación en condiciones controladas en fitotrón (luz 90-100 µmol m⁻² s⁻¹, temperatura 25°C, humedad 80-90% y fotoperiodo 16 horas luz y 8 horas oscuridad). Las primeras yemas aparecen en las estacas alrededor de las 2 semanas, y es en torno a las cuatro semanas cuando se recogen los brotes que van a ser establecidos in vitro (Fig. 1A y 1B). Los nuevos brotes, sin hojas, se esterilizan aplicando un lavado rápido con etanol 70%, seguido de un lavado de 3-8 minutos con hipoclorito sódico (Millipore®) de concentraciones entre 0,6-0,3% de cloro libre, un lavado rápido con agua estéril para eliminar el hipoclorito y dos lavados más de 10 minutos con agua estéril (Fig. 1C). Estos brotes se mantienen en agua estéril hasta el momento de su introducción in vitro.

Con el fin de incrementar la variabilidad genética del material micropropagado y poder realizar ensayos de enraizamiento que nos permitan desarrollar protocolos aplicables posteriormente al material de origen adulto, en el mes de noviembre del año siguiente se recogieron bellotas de una encina en la finca La Vegilla (Madrid). Las bellotas fueron tratadas superficialmente con solución fungicida 3,5 g l⁻¹ durante 2 horas y se dejaron secar durante 48 horas en papel de filtro. La mitad de las bellotas se almacenaron en bolsas de papel en cámara a 4°C y la otra mitad se pusieron a germinar en bateas con perlita humedecida en condiciones controladas en un fitotrón (Fig. 2A). A las 7 semanas aparecieron las primeras plántulas que

se dejaron crecer entre 2-3 semanas antes de ser establecidas in vitro. El protocolo de esterilización y establecimiento fue el mismo que el utilizado con los brotes obtenidos de la brotación de las estacas de origen adulto.

Los segmentos nodales de entre 1-1,5 cm, obtenidos de los brotes o de las plántulas una vez esterilizados, se introducen en tubos de vidrio con 20 ml de medio mineral de Lloyd y McCown (WPM; 1980) suplementado con 30 g l⁻¹ de sacarosa, 7 g l⁻¹ de agar Vitro, 0,5 mg l⁻¹ de 6-benciladenina (BA), 80 mg l⁻¹ de ácido ascórbico y pH 5,7. A las 24 horas los explantos, se cambian de lugar dentro del mismo tubo, con el objetivo de minimizar el efecto negativo de los exudados que se forman después de la esterilización. Cada dos semanas, los explantos fueron transferidos a medio fresco con la misma composición. Después de 6-8 semanas, muchos de los explantos iniciales responden formando nuevos brotes (Fig. 1D). Los brotes de nueva formación mayores de 0,5 cm se aíslan y se cultivan en un medio de proliferación que consistió en medio mineral WPM suplementado con 0,1 mg l⁻¹ BA, 30 g l⁻¹ de sacarosa, 8 g l⁻¹ agar Sigma y 20 µM de tiosulfato de plata (STS). Los brotes se mantuvieron en ese medio hasta que se logró la estabilización de los cultivos que, dependiendo del genotipo, se produjo al cabo de 6-8 meses del inicio del cultivo.

Con el objetivo de optimizar la etapa de proliferación se evaluó el efecto de diferentes medios minerales y del tipo de explanto inicial en las tasas de multiplicación de los brotes cultivados. Se evaluaron cuatro tipos de medios minerales: WPM, Gresshoff y Doy (GD; 1972), Murashige y Skoog (1962) con los macronutrientes reducidos a la mitad (1/2 MS) y Schenk y Hildebrandt (1972). Todos ellos fueron suplementados con 30 g l⁻¹ de sacarosa, 8 g l⁻¹ de agar Sigma, 20 µM de STS y pH 5,7. El ciclo de multiplicación es de 6 semanas, con transferencias a medio fresco cada dos semanas, donde la concentración de BA se va reduciendo en cada transferencia: 0,1 mg l⁻¹ BA (2 semanas), 0,05 mg l⁻¹ BA (2 semanas) y 0,01 mg l⁻¹ BA (2 semanas). Para evaluar el efecto del tipo de explanto elegido para la propagación se compararon los segmentos nodales y ápices caulinares de 0,5-1 cm. Los explantos son cultivados en jarras de 500 ml de capacidad con 70 ml de medio de multiplicación y con 7/8 explantos por jarra.

Para la etapa de enraizamiento, se han utilizado brotes de 1,5-2 cm procedentes de la etapa de multiplicación de genotipos de origen adulto y juvenil. Se compararon dos tratamientos: 1) medio mineral GD con macronutrientes reducidos a un tercio (1/3 GD), 30 g l⁻¹ de sacarosa, 6 g l⁻¹ de agar y 25 mg l⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB) durante 24/48 horas; 2) medio mineral MS con los macronutrientes reducidos a la mitad (1/2 MS) con 30 g l⁻¹ de sacarosa, 6 g l⁻¹ de agar y 0,1 mg l⁻¹ de ácido naftalenacético (ANA) combinado con 3, 5 ó 7 mg l⁻¹ de AIB durante 15 días. En todos los tratamientos, los brotes después del periodo

de enraizamiento con auxinas son transferidos al mismo medio sin reguladores de crecimiento hasta completar 6 semanas desde el inicio del experimento.

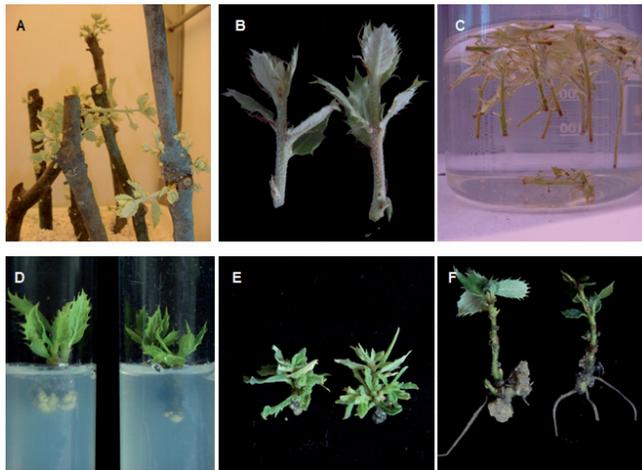


Figura 1. Micropropagación de genotipos adultos de encina (*Quercus ilex L.*). A. Estacas obtenidas a partir de ramas de la copa de árboles adultos seleccionados forzadas a brotar en el fitotrón. B. Aspecto de los brotes aislados de las estacas y utilizados como explantos en el establecimiento in vitro. C. Esterilización de los brotes en hipoclorito. D, E. Brotes axilares procedentes de la etapa de multiplicación en medio WPM con 0,1 mg l⁻¹ de BA. F. Brotes axilares de origen adulto enraizados en medio 1/2 MS suplementado con 1 mg l⁻¹ de AIB y 0,1 mg l⁻¹ de ANA

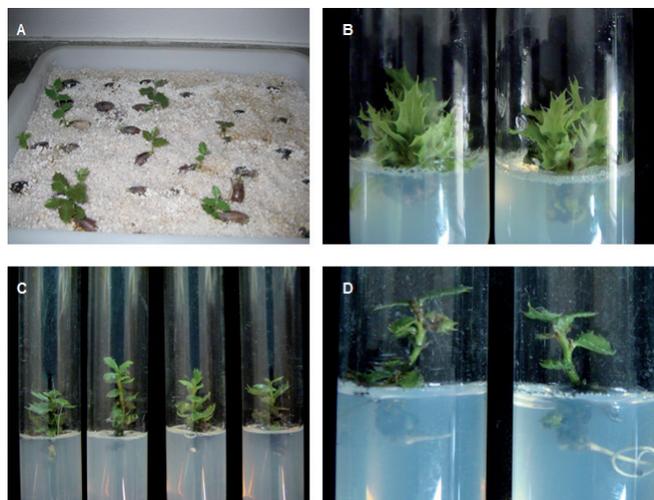


Figura 2. Micropropagación de encina (*Quercus ilex L.*) a partir de plántulas obtenidas de la germinación de bellotas en condiciones controladas. A. Plántulas de 2-3 semanas desarrolladas a partir de la germinación de las bellotas crecidas durante 3 meses en el fitotrón. B, C. Brotes axilares de origen juvenil procedentes de la etapa de multiplicación en medio WPM suplementado con 0,1 mg l⁻¹ BA. D. Brotes axilares de origen juvenil enraizados en medio 1/2 MS con 5 mg l⁻¹ de AIB y 0,1 mg l⁻¹ de ANA

4. RESULTADOS

La encina se considera una especie muy difícil de propagar in vitro y prueba de ello es que los trabajos realizados, hasta la fecha, en esta especie son muy escasos. Nuestro trabajo representa un gran

avance en la micropropagación de esta especie porque por primera vez se ha conseguido el establecimiento in vitro mediante la proliferación de brotes axilares a partir de material de origen adulto.

La brotación se produjo en todos los genotipos adultos evaluados. Los brotes epicórmicos se observaron en el 90% de las estacas y el número medio de brotes producido por estaca osciló entre 4 y 25, dependiendo del genotipo. Sin embargo, el porcentaje de bellotas que germinaron fue muy bajo; sólo el 20% de las bellotas no almacenadas en frío desarrollaron plántula mientras que en las almacenadas el porcentaje de germinación fue del 0%. El proceso de esterilización de los brotes fue crítico para el establecimiento in vitro de la encina a partir de ambos tipos de materiales. Éste sólo fue posible cuando se eliminó el lavado con etanol y se redujo la concentración/tiempo de exposición a la solución de hipoclorito sódico al 0,3% de cloro libre durante 2-3 minutos. Con este protocolo de esterilización las tasas de contaminación fueron bajas (0-8%). Los porcentajes de respuesta al establecimiento in vitro vinieron determinadas en gran medida por el genotipo variando entre valores del 11-70% en función del mismo. Finalmente se logró establecer y mantener in vitro 6 genotipos de origen adulto y 3 de origen juvenil.

Una vez establecidos los cultivos in vitro, se acometió el estudio de la etapa de proliferación con el objeto de disponer de brotes susceptibles de ser utilizados en la etapa de enraizamiento. Para ello se evaluó por un lado el tipo de explanto utilizado en la proliferación y por otro el medio mineral. Los mejores resultados de proliferación, determinados en función del número de brotes ≥ 5 mm formados por explanto, longitud media de los explantos y aspecto de los nuevos brotes, se obtuvieron cuando los medios minerales utilizados fueron el WPM y el GD (Fig. 1E). Ambos medios minerales son utilizados con frecuencia en la micropropagación de otras especies del género *Quercus* (Vieitez et al 2012). En algunas especies, el éxito de la micropropagación depende en gran medida del tipo de explanto utilizado, sin embargo en el caso de la encina tanto los segmentos con yema apical como los segmentos nodales desprovistos de ellas dieron buenos resultados en la multiplicación. El material de origen juvenil respondió mejor en la etapa de multiplicación; observándose una mayor capacidad de proliferación y brotes morfológicamente más normales que en los cultivos establecidos a partir de material adulto.

La formación de raíces adventicias es un paso clave en la propagación clonal y está estrechamente relacionado con la edad ontogénica de la planta madre (Ballester et al 2009). Así, la capacidad de propagación y enraizamiento disminuye a medida que aumenta la edad de la planta. En

muchas especies leñosas, y en particular de roble, se observa una mayor respuesta en el enraizamiento del material juvenil que de los cultivos procedentes de material adulto (Vieitez et al. 2012). Esto mismo ocurre con la encina, donde el enraizamiento de las estacas se reduce drásticamente a medida que aumenta la edad de la planta madre (L'Helgoual'ch y Espagnac 1987). En el presente trabajo, también se ha constatado dificultades en la etapa de enraizamiento de los brotes establecidos in vitro tanto en los de origen juvenil como los de origen adulto. El tratamiento 1/3 GD con AIB 25 mg l⁻¹ durante 24-48 horas, tradicionalmente utilizado con éxito en el enraizamiento de otras especies de roble, en el caso de la encina no fue efectivo, no siendo posible el enraizamiento ni con el material juvenil ni con el material de origen adulto. El enraizamiento de los brotes axilares de origen juvenil se consiguió con en el tratamiento de ½ MS adicionado con 5 mg l⁻¹ de AIB y 0,1 mg l⁻¹ de ANA, alcanzándose valores de un 25% (Fig. 2D). En material de origen adulto, los porcentajes de enraizamiento fueron del 10%, cuando los brotes axilares se cultivaron en medio ½ MS suplementado con 1 o 3 mg l⁻¹ de AIB y 0,1 mg l⁻¹ de ANA (Fig. 1F).

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. M Toribio (IMIDRA) el suministro del material vegetal utilizado en este estudio. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el MINECO a través del proyecto AGL 2013-47400-C4-3R. Igualmente agradecemos a JC Suárez su excelente trabajo técnico.

6. REFERENCIAS

- Ballester A, Vidal N, Vieitez AM (2009) Developmental stages during in vitro rooting of hardwood trees from material with juvenile and mature characteristics. En: Adventitious root formation of forest trees and horticultural plants—from genes to applications. Niemi K, Scagel C (eds), Research Signpost, Kerala, India, pp 277-296
- Brasier CM (1992) Oak tree mortality in Iberia. *Nature* 360: 539
- Brasier CM (1993) Phytophthora cinnamomi as a contributory factor to European oak declines. En: Recent advances in studies on oak decline. Luisi N, Lenario P y Vannini A (eds), Brindisi, pp 49-58
- Brasier CM, Robredo F, Ferraz JFP (1993) Evidence for P. cinnamomi involvement in Iberian oak decline. *Plant Pathol* 42: 140-145
- Gresshoff PM, Doy CH (1972) Development and differentiation of haploid *Lycopersicon esculentum*. *Planta* 107: 161-170
- León Sánchez I (2013) Selección de progenies de encina (*Quercus ilex* spp *ballota*) y alcornoque

(*Quercus suber* L.) tolerantes al patógeno *Phytophthora cinnamomi* Rands. Tesis Doctoral. Universidad de Huelva

L'Helgoual'ch M, Espagnac H (1987) First observations on the adventitious rhizogenic capacity of holm oak (*Quercus ilex* L.). *Ann Sci For* 44:325-334

Liñan J, Cantos M, Troncoso J, García JL, Fernández A, Troncoso A (2011) Some propagation methods for cloning holm oak (*Quercus ilex* L.) plants. *Cent Eur J Biol* 6:359-364

López González G (2001) Los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Mundi-Prensa. Madrid

Lloyd G, McCown B (1980) Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture. *Comb Proc Int Plant Prop Soc* 30: 421-427

Moreno, G, Pulido, FJ (2009) The functioning, management and persistence of dehesas. En: Agroforestry in Europe: current status and future prospects. Rigueiro A, Mosquera MR, McAdams J (eds), Springer Science, Berlin, Alemania, pp 127-160

Murashige T, Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol Plant* 15:473-497

Pulido FJ, Díaz M, Hidalgo de Trucios SJ (2001). Size structure and regeneration of Spanish holm oak *Quercus ilex* forest and dehesas: effects of agroforestry use on their long-term sustainability. *For Ecol Manag* 146: 1-13

Pulido FJ, McCreary D, Cañellas I, McClaran M, Plieninger T (2013) Oak regeneration: ecological dynamics and restoration techniques. En: Mediterranean oak woodland working landscapes, landscape Series 16. Campos P et al. (eds), Springer Science+Business Media, Dordrecht, pp 123-144

Pulido FJ, Picardo A y otros (2010). Libro Verde de la Dehesa. Documento para el debate hacia una Estrategia Ibérica de gestión

Rivas-Martínez S (1974) *Vegetatio Hispaniae*. Notula IV. *Ann Inst Bot Cavanilles* 3: 199-207

Sánchez ME, Sánchez JE, Navarro RM, Fernández P, Trapero A (2003) Incidencia de la podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* en masas de Quercus en Andalucía. *Bol San Veg* 29: 87-108

Schenk RU, Hildebrand AC (1972) Medium and techniques for induction of growth of monocotyledonous and dicotyledonous plant cell culture. *Can J Bot* 50: 199-204

Soria S, López M, López M (1997) Presencia, sintomatología y daños de *Erwinia quercina* en España y su posible relación con la seca de la encina. *Ecología* 11: 295-301

Tapias R, Fernández M, Moreira AC, Sánchez E, Cravador A (2006) Posibilidades de la variabilidad genética de encinas y alcornoques en la conservación y recuperación de bosques amenazados por "la seca". *Boletín Informativo CIDEU* 19/04/2006: 45-51

Vieitez AM, Corredoira E, Martínez MT, San José MC, Sánchez C, Valladares S, Vidal N, Ballester A (2012). Application of biotechnological tools to *Quercus* improvement. *Eur J Forest Res* 131: 519-539

CLUSTERS: LIDERANDO A LAS EMPRESAS HACIA LA INDUSTRIA 4.0

María Eugenia Mijares Serrano

Clusters Gold Galicia - Director

RESUMEN

a lo largo del texto se hará referencia al rol crucial de los clusters como figura ligada a la innovación y llamada a liderar a las empresas hacia la Industria 4.0. Para lo cual se conjugan dos perspectivas: por el lado institucional, el cluster entendido como elemento fundamental de la política industrial y, por el lado empresarial, el cluster como clave en el impulso de las empresas hacia una mayor competitividad. Todo ello con una vocación inexcusablemente global e integrando conceptos de excelencia para garantizar su efectividad

INTRODUCCIÓN

Como suele suceder con las innovaciones, los clusters constituyen una realidad que supera cualquier definición estática. Por el contrario, un cluster empresarial destaca por su **capacidad de adaptación a una realidad cambiante**, lo que constituye un elemento básico de su utilidad. Muchos han sido los que han intentado delimitar dicho fenómeno, desde Marshall a Porter, pasando por Becattini. Y otros tantos los que se han negado a encorsetarlo en una definición. En este segundo grupo se encuentra Tea Petrin, líder del European Clusters Policy Group, que diseñó la primera etapa de la política de clusters europea, y quien prefirió enfocar sus esfuerzos a **determinar el rol que debían jugar los clusters en la política industrial** europea. Esa será la línea que, mucho más modestamente, siga la presente exposición con respecto a política industrial actual o industria 4.0.

Pero ¿qué tiene de novedosa esta figura? A continuación se recogen las principales características de los clusters de una manera más pragmática que académica. Es decir, relacionándolas directamente con su **importancia tanto para los decisores públicos (policymakers) como para las empresas**. Queda ilustrado así el valor de los clusters empresariales como herramienta y su imbricación en el diseño de estrategias públicas .

Una manera de identificar un cluster podría ser su contraposición a otras figuras organizativas (patronales, centros tecnológicos...) que, si bien, tienen su espacio y función en la economía, carecen de alguna de las funciones de los clusters que se expondrán a lo largo del texto. De hecho, según el profesor Antoni Subirá (profesor emérito de IESE, ex Presidente del TCI (The Competitiveness Institute) y asesor del Banco Mundial), los clusters surgen como **agrupación empresarial innovadora ante la inoperatividad de otras figuras alternativas**

Aunque ha de tenerse en cuenta que se puede considerar que los clusters naturales existen desde la Prehistoria, con la especialización geográfica del trabajo según las necesidades de cada colectivo (curtidores, cazadores...); los clusters entendidos como organizaciones, son relativamente recientes (M Porter, The Competitive Advantage of Nations, 1990) y, sin embargo, ambos comparten esa necesidad de partir de una **realidad preexistente**, es decir, de la existencia de un determinado negocio en el territorio con potencialidad suficiente para ser explotado como una ventaja competitiva. Raros son los casos en los que a partir de una política industrial top-down se han creado artificialmente clusters y negocios donde no se daba esa realidad previa. Sin hacer mención a los recursos que serían necesarios para ello.

Si tenemos en cuenta que el cluster es una figura que busca la mejora competitiva de sus empresas y, por tanto, del territorio, otra de sus características será la **proximidad**. Así, aunque se habla de clusters en distintos niveles, hasta el más alejado, Europa, reconoce que esa proximidad es imprescindible para garantizar el conocimiento sectorial que, a su vez, constituye un valor inherente al cluster. Buena prueba de dicha concepción se puede encontrar en estrategias como la Research & Innovation Strategy for Smart Specialization (RIS3...) donde los clusters tienen asignado un papel fundamental como herramientas de política regional. En este sentido, es oportuno mencionar el esfuerzo realizado en Galicia por GAIN (Axencia Galega de Innovación) o por IGAPE (Instituto Gallego de Promoción Económica) quien a raíz de la Ley de Política Industrial y en el marco del desarrollo del Plan Director de Industria (posteriormente denominado Axenda de Competitividad Galicia Industria 4.0) logró integrar a los clusters en el diseño de la estrategia, **como proveedores de conocimiento sectorial y portavoces de sus respectivos negocios**. Se consiguió una valiosa interacción público-privada donde están, por un lado, los clusters que ya habían demostrado su **capacidad tractora de generación de proyectos colaborativos entre empresas con impacto en el territorio** y, por otro, la agencia de desarrollo regional acotando y ordenando la política de clusters como herramienta

de política industrial. En concreto, la caracterización de clusters realizada durante esa interacción trascendió del ámbito regional sirviendo de base para los trabajos realizados en el mismo sentido por la DGI PYME del Minetur (Ministerio de Industria, Energía y Turismo).

Recapitulando hasta el momento, una realidad preexistente, proximidad, liderazgo de proyectos colaborativos de mejora de competitividad, conocimiento sectorial y capacidad de interacción público-privada son características esenciales de los clusters. Aunque una definición más académica, definiría un cluster como una concentración geográfica de empresas e instituciones interconectadas que actúan en un determinado negocio para beneficiarse de las acciones en conjunto que se emprendan.

VENTAJAS

Esa interacción intensa que recogen ambos enfoques, hace que se produzcan **economías externas** que benefician a todos los agentes del ecosistema que constituye un cluster. Al lado del válido pero un tanto manido, ejemplo de **Silicon Valley**, se puede hacer referencia a otros como **Hollywood**, entendido como cluster de la industria cinematográfica y aglomeración de talento, capacidad, proveedores y otros factores específicos de la industria del audiovisual. O la concentración de bancos y servicios financieros que se dan en la **City** en Londres o en Suiza. Con estos ejemplos, es fácil ver cuáles son las ventajas, tanto para las Administraciones Públicas como para las empresas derivadas, de la existencia de los clusters. A continuación, abundaremos en ellas.

En línea con lo ya señalado, son ambos: empresas y policymakers, los beneficiados por la existencia de los clusters. La concentración de empresas de un mismo negocio en un territorio determinado genera una serie de economías externas que la autoridad competente debe aprovechar como herramienta de desarrollo territorial. **La relación de apoyo, la producción de insumos complementarios, la existencia de proveedores especializados, el desarrollo de factores específicos (infraestructuras, centros tecnológicos...), la generación y capitalización del talento... derivan de la diversidad e intensidad de las relaciones entre empresas** que constituye la esencia misma del cluster.

Se remarca la condición del cluster como organización de desarrollo económico en un ámbito de actividad, como creador de interrelaciones empresariales a todos los niveles: en los intercambios de información, tecnología, cualificación, marketing, conocimiento comercial... Que, por tanto, será **clave para dirigir y dinamizar el ritmo de la innovación**

Todo ello pone de manifiesto, el valor que da a las autoridades regionales, el hecho de definir la estrategia conjuntamente con el tejido industrial representado en los clusters. Así, los clusters constituyen un factor esencial en la **dinamización de la innovación** y, por tanto, del desarrollo económico, por el valor que tienen para el sector público como **proveedores de conocimiento y dinamizadores de proyectos entre empresas**. El impacto y éxito de la política industrial vendrá condicionado por la integración de los intereses empresariales en la estrategia del territorio. La única manera de garantizar la optimización del uso de recursos públicos y de maximizar su impacto es la adecuación e integración de las estrategias y demandas de las empresas en el diseño de dichas políticas. Sólo así se evitará el despilfarro de recursos. Los clusters como interlocutor cualificado que **comparte un canal de comunicación (la innovación)** con los “policymakers” y que tiene el **conocimiento estratégico** del negocio /rama de actividad correspondiente son un elemento fundamental para el diseño de políticas públicas. En ese sentido, es interesante introducir el concepto de competitividad que está manejando la Harvard Business School (HBS) y que va más allá de las ventajas económicas incluyendo los factores de localización como elementos clave en dicho concepto. En palabras de los miembros del Institute of Strategy and Competitiveness de la HBS, los decisores públicos no pueden concebir **nunca más la competitividad territorial sin tener en cuenta el “arraigo” o importancia de la localización** de la misma en un determinado territorio.

Así el rol de las AAPP en el ecosistema de los clusters se centrará en **crear las condiciones de entorno** necesarias para que se garantice la competitividad de la localización. El desarrollo de las economías locales pasa por potenciar aquellas áreas económicas donde se dan ventajas (realidad preexistente = cluster natural). Así, el desarrollo de las condiciones de infraestructuras, capital humano, capital social, capacidades tecnológicas... son requisito sine qua non para una actuación exitosa sobre el territorio y su desarrollo. Y serán las instituciones las encargadas de paliar cualquier carencia en este ámbito.

Volviendo al punto de vista de las empresas, el cluster tiene ese rol de **liderazgo de proyectos que repercuten en la rentabilidad individual** y que, en muchos casos, no podrían ser acometidos de forma individual. Es decir, como en muchos otros ámbitos, el todo es mayor que la suma de las partes. Buen ejemplo de ello es, en el caso de Galicia, la reciente iniciativa de proyectos **Pilotos 4.0** donde, entre otros, fue fundamental la participación del cluster decano de Galicia, CEAGA (Cluster de Empresas de Automoción de Galicia). Esta entidad puso de manifiesto su capacidad para

“aglutinar” empresas y, especialmente PYMES, en un proyecto demostrativo de Industria 4.0 conjugando las directrices de política industrial de IGAPE y los intereses de sus empresas. Cuestión que sería inviable si se deja el diseño del proyecto a merced de la espontaneidad de la colaboración empresarial. La sintonía en cuanto a intereses de las partes, será crucial en el éxito del desarrollo del proyecto y garantizará la optimización de los recursos.

Abundando en lo anterior, el hecho de gozar de ese liderazgo, unido a ese **espacio compartido** que constituye el cluster para las empresas, hace que su rendimiento vaya mucho más allá de un networking empresarial. Así, tiene repercusión directa en ganancias de competitividad inducidas por la **especialización y la división del trabajo** que mejora la oferta de factores de producción y **atrae a proveedores**. Una mayor integración de la cadena de valor derivada de la estrecha interacción entre empresas da lugar a posibilidades de **hibridación/nuevos negocios intersectoriales** y, desde luego, a un **aprendizaje que reduce los costes de I+D**, capitalizando los flujos de información propios de la **confianza** generada y de concebir el intercambio como una estrategia empresarial que, al fin y a la postre, servirá para aumentar la rentabilidad de cada una de sus empresas vía competitividad. No se trata de sesudos informes de vigilancia competitiva si no de personas compartiendo espacios, tanto laborales como de distensión.

Queda, pues, claro, como los clusters constituye un WIN-WIN tanto para empresas como para “policymakers” sin los cuales no se garantiza el impacto ni la optimización de recursos.



PERSONAS, PERSONAS

Ya se ha señalado el concepto de competitividad ligada a territorio, localización. También podría apuntarse al concepto de **“nueva industria”** como ejemplo del todo que constituye un ecosistema cluster, donde las relaciones van más allá de concepciones tradicionales ligadas a CNAEs o a divisiones según tipo de organización. De hecho, ese carácter innovador del cluster se relaciona directamente con la existencia de un negocio común, en el que están involucrados distintos agentes, independientemente del tipo. Así, por ejemplo, un cluster de la automoción como CEAGA con un claro negocio en común: producir vehículos y sus componentes, pertenecería a varios epígrafes diferentes. Asimismo, la “parcelación” según tipo de organización: producción, servicios, centro tecnológico, universidad, institución... haría imposible un espacio común como es un cluster. Siendo esta, precisamente, una clara muestra de la trascendencia y utilidad de la figura cluster.

Volviendo a la cuestión de la localización, especial referencia merece el trabajo de la **Intelligence Unit del The Economist** sobre clusters y localización. Tras encuestar a más de 150 directivos de multinacionales respecto a los **factores que guían sus decisiones de localización**, la conclusión fue sorprendente. El primero de los motivos, como señalan el 90% de los encuestados, es la **proximidad a grandes mercados**. El segundo motivo, con un 75% de apoyo, lo que denominan **“local skillset”**, es decir, la capacitación de la mano de obra local. Sorprendentemente, este factor es más importante que el ahorro en costes laborales según los encuestados. Es decir, las empresas tomarían las decisiones sobre su localización en base a la proximidad de grandes mercados y en base a la formación de la mano de obra en dicho territorio. Este trabajo desarrollado por The Economist viene a reforzar el concepto de competitividad ligada a localización de la HBS, señalado anteriormente.

El primero de los factores, el de **proximidad a grandes mercados** retoma el concepto de la **proximidad entre empresas**, característica fundamental de cualquier organización cluster. Se pueden señalar dos cuestiones de base en este concepto. Por un lado, la segmentación de mercados tanto por medios tradicionales (datos demográficos, tendencias de ingresos...) como por medios cualitativos (concept-texting, pilotos, focus group o entrevistas cualitativas...) Así, la existencia de un ecosistema cluster **propicia todo el flujo de información necesario para dimensionar y segmentar un gran mercado**. Ese conocimiento es imprescindible como muestra un ejemplo recurrente: Apple, donde el conocimiento y proximidad al cliente hizo que se generara la necesidad de un producto que no existía concebido como tal. O el caso de Alibaba

que desbancó a Ebay en el mercado chino y, en gran parte del mundial, por su conocimiento del mercado pero también por su capacidad para conectar con una audiencia nueva y, sobre todo, de adaptarse rápidamente a las necesidades del cliente. **El flujo de información y la capacidad de adaptación** son, como ya se ha señalado, atributos básicos de los clusters.

Por otra parte, dentro de esos grandes mercados es clave **la gestión de la cadena de proveedores**. Esa cercanía al consumidor pero también a los **competidores y a los proveedores** son parte consustancial de la organización cluster y permiten **economías de escala** en temas como la logística, la gestión de stocks o la producción just in time

Pero el apartado comenzaba hablando de personas. De personas y de talento. O de la capacidad para fomentar y retener dicho talento. Como se ha citado ya, un 75% de los directivos encuestados por The Economist consideraban factor decisivo de localización la capacitación de la mano de obra tanto en lo relativo a su **cualificación técnica, como al acceso a la captación de talento internacional donde entra en juego la calidad de vida en el territorio**. Obsérvese, por ejemplo, el fenómeno que han supuesto los Googlers en California que ha conllevado una planificación urbanístico-social nueva para atender a sus necesidades y potenciar el atractivo del territorio. Se rompe así el paradigma de la localización en base únicamente de costes laborales. En el caso gallego, además del polo de excelencia en automoción liderado por CEAGA, puede señalarse el sector de la Acuicultura y su cluster como ejemplo claro de la concentración de conocimiento en una determinada localización. La acuicultura gallega es referente mundial y el conocimiento y la capacidad tecnológica desarrolladas en el territorio hace que resulte atractivo para que empresas de otras regiones europeas radiquen y operen aquí o para que policymakers de otros países soliciten asesoramiento/talento.

GLOBAL CHAMPIONS

Como se infiere de lo ya comentado, el terreno de juego para un cluster y sus empresas es el mundo. No se concibe una competencia local. Muy por el contrario, el cluster potencia el crecimiento conjunto de competidores locales para atacar al mercado global siendo más competitivos. Efectivamente, la cultura empresarial no suele valorar por sí mismo el concepto de colaboración. Parafraseando a un experto en clusters, la situación ideal para una empresa es el monopolio, no quiere colaborar con su competencia, si no que desaparezca. De ahí que, recientemente, se haya acuñado el término de **co-competition**: colaborar dentro para competir fuera. Precisamente, los clusters refuerza la competitividad de las empresas mediante proyectos para convertirlos en global



champions individualmente. Buen ejemplo de lo anterior es el esfuerzo que hace el Cluster TIC Galicia agrupando a sus asociados para que tengan la capacidad suficiente para acudir a determinadas licitaciones internacionales a las que de otro modo no tendrían acceso, u organizando las misiones comerciales que permitan el posicionamiento internacional de la capacidad TIC de todo el territorio y la generación de negocio internacional en sus respectivas empresas.

El concepto de **global champions** entronca con el rol que le asigna la UE a los clusters en algunas de sus comunicaciones. De hecho, la comunicación de la Comisión Europea “ **The role of clusters in the RIS3**” considera a los clusters elementos básicos en el desarrollo e implementación de las estrategias de especialización. Para ello es imprescindible la **integración de la política de clusters en la agenda global incluyendo hibridación de sectores y, sobre todo, actividades transversales en el ámbito tecnológico y de conocimiento**. La política de clusters, así entendida, debe tener en cuenta las particularidades del territorio, la madurez de las organizaciones cluster existentes, las buenas prácticas consolidadas o la “excelencia” en la gestión del cluster. Impulsar la integración del cluster como herramienta de política pública es la vía para convertir a los **clusters en “key drivers” de la innovación y la competitividad**, capaces de capitalizar la ventaja competitiva que implica la proximidad y la propia realidad cluster. Según el propio M. Porter no se trata de proximidad geográfica si no de otro tipo de atracción relacionada, una vez más, con **el talento y el entorno**. La existencia de un potente mercado de las flores en Holanda no obedece a la idoneidad del territorio per se. Un conjunto de factores como sus subastas, las asociaciones de productores o los centros de investigación son los determinantes de su existencia.

Además, según la propia Comisión, los clusters son instrumento esencial en la priorización estratégica e involucración empresarial desde el diseño de la S3 (Smart Specialization Strategie) hasta su puesta en marcha. No es baladí dicho enfoque dado que la integración en políticas públicas será un factor para **elegir aquellos instrumentos de política económica que mezclen distintas áreas, para medir el impacto de dichas políticas y herramientas**, para abarcar distintos niveles de gobierno y competencia propios de la descentralización y del ámbito regional de los clusters. Y, al final y al cabo, para llevar a los clusters del nivel regional al internacional y garantizar que el apoyo de las sinergias entre clusters da lugar a la optimización de recursos.

Por lo que a la propia gestión de los clusters, para jugar como “global champions” es imprescindible buscar la **excelencia en la gestión**..Sólo aquellas organizaciones cluster con una gestión de excelencia serán instrumento eficaz de política económica a nivel global. Sin ir más lejos, los tres clusters gallegos a los que se ha hecho referencia anteriormente gozan del máximo reconocimiento europeo, ostentando la Gold Label by ESCA (European Secretariat for Cluster Analysis). Todo lo anterior asegura su capacidad técnica de liderazgo y gestión de proyectos de mejora competitiva que apoyen políticas públicas a cualquier nivel (regional, nacional y europeo) como proveedores de conocimiento estratégico y como dinamizadores de las empresas en su participación en los mismos

A lo largo del texto se ha hecho referencia a la utilidad de los clusters desde dos perspectivas. Como elemento fundamental de la política industrial y como clave en el impulso de las empresas hacia una mayor competitividad. Todo ello con una vocación inexcusablemente global e integrando conceptos de excelencia para garantizar su efectividad

En resumen, se trata de convertir proyectos estratégicos en casos de éxito. Algunos de los casos de éxito de los clusters gallegos excelentes ya se han señalado. Ampliando el enfoque se puede hacer referencia a lo que otros clusters europeos identifican como factores críticos de dicho éxito. James Wilson de Orkestra (Instituto de Competitividad de P Vasco) considera que el papel de liderazgo empresarial, que desempeñan los clusters, es crucial en para las políticas públicas. Las estrategias surgen desde el conocimiento y experiencia empresarial, innovación, gobierno y sociedad civil. No se trata de instituciones, si no de lo que se denomina cuádruple hélice e involucra a la sociedad civil. Es decir, a las personas. Los responsables de política económica de la región de Rhone- Alpes hablan de llegar a objetivos individuales desde lo común. Simone Hagenauer de Ecoplus

(Lower Austria) valora el valor de los clusters en la búsqueda de nuevas combinaciones de negocio entendida como innovación intersectorial que combine el conocimiento de distintos sectores para crear nuevos productos o servicios y/o para acceder a nuevos mercados.

Estos no son más que algunos de los ejemplos que pueden ilustrar el compromiso e importancia de los clusters en el desarrollo económico regional que ha sido tratado a lo largo de la exposición.

BIBLIOGRAFÍA

*ECPG – European Cluster Policy Group Final Recommendations – A Call for Policy Action, 2011

European Clusters Memorandum, 2010

*ECPG – European Cluster Policy- Consolidated set of policy, 2011

*Porter, M., “Clusters and the New Economics of Competition”, Harvard Business Review, November–December 1998

* “Clustering Dynamics and the Location of High-Tech Firms”, University of Warwick, 1999; Physica-Verlag, 2002

*Clustering. The phenomenon whereby firms from the same industry gather together in close proximity. Aug 24th 2009

*<http://destinationinnovation.economist.com/part-1/#sthash.CNDh0GVM.dpuf>

*The Challenge of Shared Prosperity By: Jan W. Rivkin, Karen G. Mills, and Michael E. Porter, with contributions from Michael I. Norton and Mitchell B. Weiss. 2015

*ADVANCED MANUFACTURING: A Snapshot of Priority Technology Areas Across the Federal Government - Subcommittee for Advanced Manufacturing OF THE NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL 2012

*How Smart, Connected Products Are Transforming Competition - Michael E. Porter- James E. Heppelmann, 2014

*REPORT TO THE PRESIDENT ACCELERATING U.S. ADVANCED MANUFACTURING Executive Office of the President President’s Council of Advisors on Science and Technology October 2014

*Skills Needs Analysis for “Industry 4.0” Based on Roadmaps for Smart System International Labour Organization, 2015

*THE FUTURE OF TALENT IS IN CLUSTERS- Dave Aron February 2013

*“Keeping America On The Cutting Edge of Innovation: The NNMI’s Explosive progress,” Commerce Department Blog, February 19, 2016

*“Engineers, Federal Fellows, and the Four Principles of Engineering Public Policy”, Washington, D.C., April 20, 2015, Michael Molnar, Director, Advanced Manufacturing National Program Office, NIST

*SUMmary of Reports on Manufacturing - January 2012–Intern MIT Washington Office

<http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/azucar/cluster.htm>

<http://www.liderempresarial.com/num136/13.php>

<http://www.vitalmed.com.co/portal/content/view/23/37/>

<https://clustereconomico.wordpress.com/2008/11/06/%C2%BFque-es-un-clusters-economicos/>

*Porter, Michael (1999): Los cluster y la estrategia, Revista Trend Management

*Ramos, Joseph (2001): “Complejos productivos en torno a los recursos naturales ¿Una estrategia prometedora?”, artículo publicado en el libro No 61 de la CEPAL: “Apertura y (des)encadenamientos –reflexiones en torno a los lácteos-”, Santiago

*Fredy Wompner y René Fernández (2008): “Los encadenamientos industriales y formación de cluster como modelo de desarrollo endógeno”, Expansiva

*Larroulet, Cristián (2005): “X Región de los Lagos: Chile ya posee un cluster”, Informe Cien, Universidad del Desarrollo, Santiago

*Dirven, Martine (2000): “El cluster: un análisis indispensable ... una visión pesimista”, CEPAL

*Axenda de Competitividade Galicia Industria 4.0- Xunta de Galicia- 2015

* Estratexia de Internacionalización de Galicia- Xunta de Galicia- 2015

* RIS3 Galicia- Xunta de Galicia – 2015

*Smart Guide to Cluster Policy- European Union-2016

LA JUDÍA COMÚN: UN CASO DE EVOLUCIÓN GLOBAL DE UN CULTIVO MÁS ALLÁ DE SUS ÁREAS DE ORIGEN

Antonio M. De Ron

Misión Biológica de Galicia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (MBG-CSIC), Pontevedra

INTRODUCCIÓN

La judía común (*Phaseolus vulgaris* L. - el nombre del género *Phaseolus* procede del griego “fasilos” y del latín “phaseolus”), perteneciente a la familia de las Leguminosas, caracterizada por el fruto en “legumbre”, es el cultivo proteico de mayor consumo directo actualmente en la dieta humana. El grano de la judía, además de ser una importante fuente de proteínas, contiene vitaminas, minerales y fibra, y estudios recientes indican que el contenido en polifenoles puede tener un efecto protector frente al riesgo de enfermedades cardiovasculares e incluso cáncer, por su efecto antioxidante (Xu y Chang 2007). En España la diversidad de la judía es muy grande, y algunas variedades son muy apreciadas debido a su alta calidad sensorial, alcanzando precios elevados en el mercado nacional y local, como los tipos comerciales Faba, Verdina, Tolosana, Ganxet, Riñón o Caparrón, entre otros (figura 1).



Figura 1. Tipos comerciales Faba (izda) y Caparrón (dcha)

Sin embargo, en los últimos años, el cultivo de la judía en España se encuentra en retroceso, debido fundamentalmente al irregular rendimiento y calidad comercial de grano. Por ello, la producción española es insuficiente para el mercado interior. La competitividad de las judías españolas, en el

mercado nacional e internacional, supone el fomento de la calidad comercial de las mismas, en comparación con las judías importadas, lo cual implica un valor añadido de mercado. Es patente el creciente interés que los consumidores demuestran por una mayor calidad y una mejor información sobre la naturaleza, los métodos de producción y las características específicas de las legumbres. Por ello, actualmente se encuentran en vigor Indicaciones Geográficas Protegidas y Denominaciones de Origen en diversas zonas de producción de España, lo cual supone un importante apoyo a la producción y el consumo de variedades locales autóctonas de judía (De Ron et al. 2011).

ORIGEN DE LA ESPECIE *Phaseolus vulgaris*

Respecto al origen de esta especie, de acuerdo con datos arqueológicos, botánicos, históricos y lingüísticos, Gepts y Debouck (1991) demostraron que procede del área comprendida entre el norte de México y el noreste de Argentina. Existen multitud de restos arqueológicos, principalmente semillas, fragmentos de frutos (legumbres o vainas) e incluso plantas enteras (Kaplan 1981), hallados en los Andes (Perú, Chile, Ecuador y Argentina), en Mesoamérica (México, América Central y sureste de Estados Unidos) y Norteamérica (Nueva York). En la actualidad los restos más antiguos datan de 10000-8000 años a. C. procedentes de la zona central-sur de los Andes y de 6000 años a. C. procedentes de varios lugares de Mesoamérica. Todos estos restos son de plantas ya domesticadas y fenotípicamente similares a las variedades actuales cultivadas en las zonas mencionadas. De acuerdo con los datos disponibles, la judía común experimentó su domesticación y diversificación en las mencionadas zonas, existiendo por tanto dos centros diferentes de domesticación y dos acervos genéticos: Mesoamérica (principalmente México) y los Andes (Sur de Perú, Bolivia y Noroeste de Argentina).

Esta domesticación independiente en dos áreas diferentes se basa en diferentes estudios sobre la variabilidad fenotípica y

genotípica, incluyendo diversos marcadores genéticos (De Ron et al. 2015). La mayoría de las variedades de uno u otro centro de domesticación tienen características que no se encuentran en las del otro centro de domesticación, ya que entre ambos existió aislamiento genético durante mucho tiempo.

Desde el punto de vista evolutivo, existe discontinuidad en la transición desde formas silvestres a cultivadas, aunque actualmente todavía existen formas silvestres y primitivas, consideradas intermedias o de transición (figura 2). En realidad los hallazgos arqueológicos de judías cultivadas datan de épocas relativamente recientes (1900-1300 años a.C.), posiblemente coincidiendo con la aplicación de los incipientes métodos de selección, a menudo no consciente, aplicados por los agricultores (Cubero 2003).



Figura 2. Semillas de variedades silvestres (centro), primitivas (dcha) y mejoradas (izda)

LA JUDÍA EN ESPAÑA

Las primeras variedades de judía común llegaron a la Península Ibérica desde Centroamérica hacia el 1506 (Ortwin-Sauer 1966) y desde Sudamérica después del 1532, por medio de mercaderes que probablemente trajeron las semillas como una curiosidad, por sus variadas formas y colores (Brücher y Brücher 1976) (figura 3). Por tanto, tuvo lugar una introducción inicial de genotipos Mesoamericanos, de grano pequeño, debido al comercio que existía en aquella época con islas de América Central, y esta introducción incorporó más tarde genotipos Andinos, de grano grande, a medida que se iban explorando nuevos territorios. Este germoplasma se adaptó a nuevos ambientes, en cuanto a condiciones ambientales y sistemas de cultivo, especialmente en el N y NO de la Península Ibérica, que es el área de Europa en la que se ha encontrado una mayor variabilidad genética (Santalla et al. 2002).



Figura 3. Diversidad en forma y color de la semilla de la judía

Después de su introducción, tuvo lugar el cultivo de variedades de ambos acervos genéticos en proximidad, en pequeñas huertas, lo que favoreció el flujo de genes entre ambos, contrario al aislamiento genético que existió históricamente en América. Esto dio lugar a una recombinación entre ambos acervos genéticos, apareciendo formas genéticamente intermedias que presentan fenotipos tanto Mesoamericanos como Andinos, y que tienen por lo tanto características que no corresponden exactamente con las descritas por Singh et al. (1991).

Colón llamó “habas blancas” a unos granos pequeños que identificó en sus viajes a América y que corresponderían a variedades de judía del mencionado acervo genético Mesoamericano y que, por su forma, recordaban a las habas (*Vicia faba* L.), cuyo cultivo estaba entonces muy extendido en España. Cuando este nuevo cultivo llega a España se extiende por el país, y también por otros países europeos (Zeven 1997), probablemente por la mayor calidad de sus granos respecto al haba y también quizá por su vistosidad, que en ocasiones llevaría a su uso estético, lúdico u ornamental, al igual que en América (Burkart 1955). En este proceso de sustitución de cultivos, la judía heredó el nombre de “haba”, “faba” o “habichuela”, frecuente en muchos lugares de España.

Por otra parte, también se cultivaban en España leguminosas de grano de origen afroasiático, ligadas a la expansión árabe, que son evidentes en la agricultura andalusí (Álvarez de Morales 2002). Una de estas leguminosas era la “alubia”, en árabe «lubiya» («al-lubiya» con el artículo), derivado posiblemente del griego «lobós» o «lóbía», a través del siríaco, aunque algunos autores señalan «lubiya» como un término persa arabizado. Probablemente la «lubiya» de los textos árabes medievales se esté refiriendo a *Vigna unguiculata* (L.) Walp (sin. *Dolichos melanophthalmos* D. C., sin. *Vigna sinensis* Endl.), o tal vez también a *Dolichos lablab* L. *Vigna unguiculata* es una especie de cultivo limitado actualmente, aunque apreciada en algunas zonas de España y Portugal, donde recibe nombres como “caupi” (derivado del

nombre 'cow pea' inglés), judía carilla, judía de vaca, frijol de fraile y "feijão frade" (Mateo Box 1961). Esta especie todavía se puede encontrar en algunas zonas de España y Portugal asociada a la judía común, en poblaciones mixtas (figura 4). Cabe suponer que una nueva sustitución de especies hizo que, nuevamente, la judía heredase el nombre de "alubia" utilizado actualmente en muchos lugares de España.



Figura 4. Población mixta de *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata*

Un hecho adicional pone de nuevo en evidencia las interrelaciones con América, en este caso con la zona en la cual ha evolucionado el acervo genético Andino de la judía (Singh et al. 1991). En Argentina y Chile el nombre utilizado para denominar la judía blanca de tamaño grande, que se exporta a España y otros países europeos, es precisamente alubia, aunque el nombre común de la judía es "poroto", que deriva del quechua "purutu". Esta denominación ha tenido que venir, obviamente, de España, puesto que los árabes nunca han tenido una influencia real en Sudamérica. Este hecho abre la puerta a considerar que los tipos varietales de grano grande blanco hayan evolucionado en España, después de la introducción por Colón, y regresado posteriormente a la zona Andina. Esto implicaría que la mejora genética, consciente o inconsciente, del tipo alubia fue realizada por los agricultores en España, y que probablemente emigraciones posteriores establecieron las variedades mejoradas en Chile y Argentina, especialmente en la Provincia de Salta noroeste de Argentina), la mayor productora de alubia para exportación.

EVOLUCIÓN DE LA JUDÍA MÁS ALLÁ DE SUS ÁREAS DE ORIGEN

En investigaciones de la MBG-CSIC (Santalla et al. 2002, Rodiño et al. 2006) se ha documentado, mediante datos morfoagronómicos y bioquímicos (isoenzimas y proteínas de semilla) el proceso de evolución de la judía en la Península

Ibérica, que ha dado lugar a nuevas formas genéticas, por recombinación entre formas ancestrales de los acervos genéticos Mesoamericano y Andino. Esto ha implicado un flujo de genes entre ambos acervos después de su introducción en la Península Ibérica, y por tal razón se la considera como un centro secundario de diversificación de la especie.

Las diferencias entre las variedades Andinas y Mesoamericanas de judía tienen importantes implicaciones para la mejora genética que no han sido completamente exploradas. A pesar de su parcial aislamiento reproductivo, dichas variedades pueden hibridarse entre ellas, dando lugar a descendencia fértil y viable, de ahí que sea posible transferir algunos caracteres concretos entre ambos acervos genéticos, aunque la transferencia de caracteres cuantitativos ha sido un problema hasta el momento. Sin embargo, la existencia de recombinantes naturales entre las variedades de ambos orígenes abre nuevas opciones de mejora, así como de estudios genéticos, ya que las variedades Mesoamericanas de judía son mucho más productivas y la frecuencia de genes de resistencia a enfermedades, a estreses hídricos y a baja fertilidad de suelo, entre otros caracteres, es mayor en ellas que en las variedades Andinas las cuales, por otra parte, presentan un grano de mayor tamaño y calidad, demandado en España y el resto de Europa. Surge, por tanto, la oportunidad para aprovechar las cualidades de estas formas recombinantes como material genético de un gran potencial en los programas de mejora genética de judía (Rodiño et al. 2006).

Además de su llegada a Europa (probablemente a través de la Península Ibérica), desde sus dos áreas de origen y domesticación, las diferentes variedades de judía se difundieron a otros continentes, acumulando cambios fenotípicos (morfológicos y fisiológicos) y genéticos, como respuesta a la adaptación a diferentes ambientes, a las condiciones de cultivos y a las exigencias humanas.

De acuerdo con la información disponible actualmente, la difusión de la judía común más allá de sus los centros de domesticación Mesoamericano y Andino, parece haber sido un proceso complejo, con numerosas introducciones de variedades en diferentes continentes y países. De hecho, varios de ellos han sido propuestos como centros secundarios de la diversificación, como Europa, ya mencionado anteriormente, el centro oriental y meridional de África oriental, Brasil y China (Bellucci et al. 2014). Así como en Europa las variedades de tipo Andino son las más frecuentes (Gil y De Ron 1992), en el caso de Brasil, Burle et al. (2010) demostraron que los tipos Mesoamericanos son mucho más frecuentes que los Andinos. En África, hay una frecuencia semejante de ambos tipos varietales (Blair et al. 2010), mientras que China muestra un predominio de los tipos de Mesoamérica (Zhang et al. 2008).

En definitiva, puede afirmarse que, una vez fuera del continente americano, el aislamiento espacial entre los tipos varietales de judía común de Mesoamérica y de los Andes no se mantuvo, lo que proporcionó mayor potencial para su hibridación y la introgresión de genes de unos tipos en los otros. Como ya se ha mencionado, en Europa (Península Ibérica), este aspecto ha sido de gran importancia en la aparición de nuevas variedades de gran interés para la mejora genética, sin embargo, diversos estudios sugieren que en otros continentes la recombinación entre los dos tipos varietales no parece haber sido tan relevante como en Europa.

En conclusión, el conocimiento del origen de la judía común, su variación genética, su evolución (Bellucci et al. 2014) y sus vías de diseminación constituye una información de inestimable valor para un manejo más adecuado y eficiente de los recursos biológicos en los programas de conservación de biodiversidad y de mejora genética de esta especie (figura 5), de gran relevancia en la alimentación humana.



Figura 5. Cultivo de variedades mejoradas de judía

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ DE MORALES C. 2002. Agrónomos andalusíes y sus legados. *En*: NUEZ F (ed), La herencia árabe en la agricultura y el bienestar de occidente: 9-69. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

BELLUCCI E, BITOCCHI E, RAU D, Rodríguez M, BIAGETTI E, GIARDINI A, ATTENE G, NANNI L, PAPA R. 2014. Genomics of origin, domestication and evolution of *Phaseolus vulgaris*. *En*: TUBEROSA R, GRANER EA, FRISON E (eds), Genomics of plant genetic resources: 483-507. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

BLAIR MW, GONZÁLEZ LF, KIMANI PM, BUTARE L. 2010. Genetic diversity, inter-gene pool

introgresión and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. *Theor Appl Genet* 121: 237-248

BRÜCHER B, BRÜCHER H. 1976. The south American wild bean (*Phaseolus aborigineus* Burk.) as ancestor of the common bean. *Econ Bot* 30: 257-272.

BURKART A. 1955. Presentación de porotos de adorno de Bolivia. *Physis* XX, vol 55: 56.

CUBERO JI. 2003. Introducción a la Mejora Genética Vegetal. Mundi-Prensa. Madrid, España.

BURLE ML, FONSECA JR, KAMI JA, GEPTS P. 2010. Microsatellite diversity and genetic structure among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in Brazil, a secondary center of diversity. *Theor Appl Genet* 121 : 801-813.

DE RON AM (coord), GONZÁLEZ AM, DE LA FUENTE M, RODIÑO AP, MANSILLA JP, SABURIDO MS, SANTALLA M. 2011. Catálogo de germoplasma de *Phaseolus* de la Misión Biológica de Galicia - CSIC. MBG-CSIC/INIA/AEL. Pontevedra, España.

DE RON AM, PAPA R, BITOCCHI E, GONZÁLEZ AM, DEBOUCK DG, BRICK MA, FOURIE D, MARSO-LAIS F, BEAVER J, GEFFROY V, MCCLEAN P, SANTALLA M, LOZANO R, YUSTE-LISBONA FJ, CASQUERO PA. 2015. Common bean. *En*: AM DE RON (ed), Grain Legumes: 1-36. Series: Handbook of Plant Breeding. Springer Science+Business Media. New York, USA.

GEPTS P, DEBOUCK D. 1991. Origin, domestication, and evolution of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). 7-53. *En*: VAN SCHOONHOVEN A, VOYEST O (eds), Common beans: research for crop improvement: 7-53. C.A.B. Intl., Wallingford, Reino Unido, y CIAT, Cali, Colombia.

GIL J, DE RON AM. 1992. Variation in *Phaseolus vulgaris* in the northwest of the Iberian Peninsula. *Plant Breed* 109: 313-319.

KAPLAN L. 1981. What is the origin of common bean? *Econ Bot* 35: 240-254.

MATEO BOX JM. 1961. Leguminosas de grano. Salvat Editores. Barcelona, España.

ORTWIN-SAUER C. 1966. The early Spanish men. University of California Press. Berkeley and Los Angeles, USA.

RODIÑO AP, GONZÁLEZ AM, SANTALLA M, DE RON AM, SINGH SP. 2006. Novel genetic variation in common bean from the Iberian Peninsula. *Crop Sci* 46: 2540-2546.

SANTALLA M, RODIÑO AP, DE RON AM. 2002. Allozyme evidence supporting southwestern Europe as a secondary center of genetic diversity for common bean. *Theor Appl Genet* 104: 934-944.

SINGH SP, GEPTS P, DEBOUCK DG. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris* Fabaceae). *Econ Bot* 45: 379-396.

XU B, CHANG S. 2007. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *J Food Sci* 72: S159-S166.

ZHANG X, BLAIR MW, WANG S. 2008. Genetic diversity of Chinese common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces assessed with simple sequence repeats markers. *Theor Appl Genet* 117: 629-640.

ZEVEN AC. 1997. The introduction of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) into western Europe and the phenotypic variation of dry bean collected in the Netherlands in 1946. *Euphytica* 94: 319-328.

PROYECTO LIFE SEACAN: DEMOSTRACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN

QUE MINIMIZAN EL IMPACTO AMBIENTAL DE
LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL EN LOS ECOSISTEMAS

Iván Rodríguez-Verde¹, Sonia Delpont¹ &
Jesús Souza Troncoso^{2,3}

¹ Centro Tecnológico del Agua, Cetaqua, Edificio
Emprendia, Campus Vida, E-15782, Santiago de Compostela

² Departamento de Ecología y Biología Animal, Facultad
de ciencias del Mar, E-36211, Campus de Vigo, UVIGO

³ ECIMAT-Estación de Ciencias Marinas de Toralla, Isla
de Toralla, E36331 Universidad de Vigo.



INTRODUCCIÓN

El ecosistema marino de Galicia es uno de los de mayor biodiversidad del mundo por sus condiciones únicas. La costa gallega está compuesta principalmente por rías, antiguos valles fluviales que quedaron sumergidos por la penetración del mar en el litoral a lo largo de decenas de kilómetros.

Las Rías Baixas cuentan con una vida marina abundante, de ahí que la pesca y las actividades acuícolas representen aproximadamente el 3% del Producto Interior Bruto de Galicia (Comisión Europea, 2014). En este sentido, Galicia tiene la mayor producción de productos del mar transformados de Europa y, en algunos casos, del mundo (conservas de mejillones), por lo que esta comunidad autónoma depende en gran medida de dichas actividades. El sector conservero de pescado en Galicia supone por tanto uno de los principales motores de la economía autonómica dando empleo directo a un total de 12.000 personas y otros tantos de forma indirecta.

La industria conservera en Galicia produce anualmente un total aproximado de 4.300 millones de latas de conserva (Fig. 1). Considerando que para la producción de una lata de conserva de pescado son necesarios 2 L de agua, esta industria procesa un total de 8,6 millones de m³ de agua, es decir, un volumen de agua con el que se podrían llenar 3.440 piscinas olímpicas. Debido a que las plantas procesadoras de pescado se encuentran habitualmente situadas en las zonas costeras, el agua empleada en el proceso es vertida al mar previo una etapa de depuración. Los sistemas de depuración empleados no son en todas las ocasiones de alta eficiencia, repercutiendo en elevados costes energéticos y moderadas tasas de eliminación de contaminantes. Es por tanto, que una depuración efectiva repercutirá en la emisión de efluentes de alta calidad, lo que a su vez permitirá preservar las condiciones ambientales de 550 km de costa y mejorará las condiciones de vida de hasta 800.000 residentes en zonas costeras.

EL PROYECTO

Bajo este contexto se concibe el proyecto LIFE SEACAN cuyo objetivo es demostrar la aplicación de dos tecnologías basadas en procesos de biopelícula (lodo granular aerobio y biorreactores híbridos) para el tratamiento de las aguas residuales procedentes

de la actividad industrial conservera de pescado. Dichas tecnologías permitirán mejorar la calidad del agua vertida y, así, minimizar su impacto medioambiental en el ecosistema marino. La novedad de estas tecnologías es su economía y sostenibilidad, dado que minimizan el consumo energético más de un 20%, su huella de carbono en un 25% y se obtiene un agua de mayor calidad, eliminando un 90% de nitrógeno y un 95% de materia orgánica, para su vertido directo. De esta forma, se preserva la biodiversidad del medio natural, esencial para el desarrollo de la actividad económica de la industria conservera. LIFE SEACAN analizará por tanto la viabilidad y eficiencia de estos procesos en las Rías Baixas (Galicia) (Fig. 2).

Este proyecto está financiado por la Comisión Europea a través del Programa LIFE 14, el cual presta apoyo a las iniciativas continentales con mayor potencial en materia medioambiental y de conservación de la naturaleza. El proyecto se ha iniciado en Septiembre de 2015 y se desarrollará durante 3 años y medio. El presupuesto global del proyecto es de 1,7 millones de euros y está coordinado



Figura 1.



Figura 2.

por la Fundación Centro Gallego de Investigaciones del Agua, Cetaqua, en Santiago de Compostela. Además, cuenta con la participación como socios de Cetaqua, Centro Tecnológico del Agua, Fundación Privada, en Barcelona, y dos universidades gallegas, la Universidade de Santiago de Compostela (USC) y la Universidade de Vigo (UVIGO), referentes en investigación de los aspectos que se abordarán en el proyecto. El proyecto contará también con la colaboración de la Asociación Nacional de Conservas de Pescado, Anfaco-Cecopesca.

SISTEMAS DE TRATAMIENTO BASADOS EN TECNOLOGÍA DE BIOPELÍCULA

Las biopelículas son estructuras complejas de células que se agregan o bien formando formas definidas (esféricas o gránulos) o bien asociándose a una superficie, la cual puede ser estática o móvil. Las ventajas de usar biopelículas en procesos de tratamiento de aguas residuales han sido ya demostradas en los últimos años por varios estudios (Nicolella et al., 2000):

- Mayor retención de biomasa en comparación a sistemas convencionales de tratamientos de aguas residuales (lodos activos), resultando en la reducción del volumen de los reactores.
- Fácil separación de la biomasa y el agua clarificada. Es decir, la sedimentación de la biomasa en forma de biopelícula es mayor, por lo que incluso se puede llegar a evitar el uso de decantadores.

Debido a que tanto el oxígeno como la materia orgánica pueden penetrar fácilmente en el interior de la biopelícula, en su estructura se pueden presentar diferentes condiciones ambientales lo que repercute en la coexistencia de diferentes procesos de tratamiento (nitrificación-desnitrificación). Así pues, la estratificación de la biopelícula (Fig. 3) permitirá la existencia de un gradiente de crecimiento de la biomasa haciendo que los microorganismos de crecimiento lentos se desarrollen en las capas internas de la biopelícula mientras que en las externas se acumularán aquellos microorganismos con mayores tasas de crecimiento. De esta forma, los microorganismos de crecimiento lento se verán más protegidos de agentes externos haciendo que sean más resistentes ante cambios operacionales.

Particularmente, la aplicación de estas tecnologías a efluentes producidos en la industria conservera pueden ser ventajosos ya que ofrecerán altos rendimientos de eliminación de contaminantes unido a la reducción de la superficie de implantación, tema de gran importancia en las zonas costeras, donde existe una fuerte restricción de la superficie. Estudios

realizados en la Universidad de Santiago (Val del Rio et al., 2012) han demostrado la aplicación de estas tecnologías al tratamiento de aguas residuales procedentes de la industria conservera y de otros sectores industriales (agrícola, láctea, etc.) a escala de laboratorio. Ante este escenario con aguas de conserveras, se llegó a estabilizar los reactores de biopelículas basados en el crecimiento en forma de gránulos, alcanzando una tasa de tratamiento (en términos de materia orgánica, DQO - demanda química de oxígeno) de 4,4 kg DQO/m³ d con rendimientos de eliminación de DQO de hasta un 90% y de nitrógeno de en torno a 3 kg NH₄⁺-N/m³ d (Val del Rio et al., 2013). Otros aspectos particulares en esta tipología de aguas también fueron estudiados, como la influencia de la salinidad en el proceso, característica de estos efluentes y que puede ser inhibitoria para la fauna microbiana en sistemas biológicos. Figueroa et al. (2008) demostró la viabilidad de los procesos basados en fango granular aerobio con altas dosis de salinidad en las aguas con altos rendimientos de materia orgánica (>90%) pero con limitación en la eliminación de nitrógeno (20-55%). De todos modos, la resistencia que mostró la biomasa en forma de biopelícula fue mayor que biomasa de otra tipología, demostrando por tanto que los sistemas de biopelícula son una buena alternativa para hacer frente a aguas de alto contenido en sal.

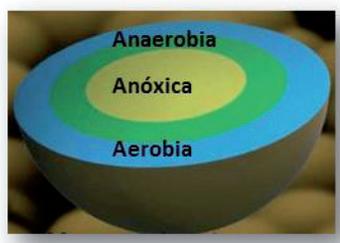


Figura 3.

CASOS DE ESTUDIO

El proyecto LIFE SEACAN demostrará la viabilidad técnica, económica y ambiental de los procesos de biopelícula mediante la operación de dos prototipos que serán alimentados con agua producida en la propia industria conservera.

- **Biomasa granular.** El tratamiento de aguas residuales mediante fango granular aerobio ha sido investigado durante las dos últimas décadas debido a su gran potencial. El proceso ha sido estudiado principalmente a escala laboratorio con una amplia variedad de sustratos, tanto de alta como de baja carga e incluso con presencia de compuestos tóxicos (Moy et al., 2002; Tay et al., 2006; Lin et al., 2003; Ho et al., 2010). Sin embargo, el proceso no ha sido probado con aguas de la industria conservera de pescado a nivel piloto.

En el proyecto LIFE SEACAN, se diseñará y construirá un biorreactor granular aerobio a escala demostrativa como un SBR (sequencing batch reactor) para fomentar el desarrollo de gránulos aerobios y llevar a cabo una optimización completa.

- **Biomasa sobre soporte.** El uso de biomasa desarrollada sobre soporte está muy extendido para el tratamiento anaerobio de diferentes aguas residuales de alta carga orgánica (Nicolella et al., 2000). Sin embargo, el número de referencias a la aplicación de películas aerobias híbridas para tratar las aguas residuales industriales en general es escaso y, en el caso de la industria conservera de pescado, es aún menor si cabe. En el segundo estudio de caso, se llevará a cabo un proceso aerobio en un reactor de donde la biopelícula se desarrollará adherida a los soportes, integrando una fase adicional donde coexistirán la biomasa suspendida y la fija. Se espera que esta configuración innovadora proporcione una flexibilidad alta en el tratamiento de cargas orgánicas variables y un rendimiento excelente en cuanto a la eliminación de nutrientes.

ESTUDIO DEL MEDIO MARINO

Todo el agua residual derivado de la industria conservera acaba en el medio marino, por lo tanto cabe esperar que este enriquecimiento orgánico afecte las poblaciones bentónicas circundantes al foco de emisión. Los ecosistemas bentónicos son excelentes indicadores de la salud ambiental en el medio marino. Teniendo en cuenta que las especies bentónicas tienen sus preferencias a la hora de colonizar uno u otro medio, son buenos indicadores de la salud ambiental de los ecosistemas marinos, por lo tanto la presencia de una u otra especie (Fig. 4) nos puede indicar si algún tipo de perturbación puede estar influyendo en una determinada zona, en definitiva, son indicadoras de las condiciones físico-químicas y biológicas del hábitat que ocupan.

En consecuencia, la caracterización del estatus ecológico de las comunidades macrobentónicas presentes en el área circundante e influenciadas por el punto de vertido, así como su comparación con las zonas del área de control nos pueden dar una idea de la situación inicial y su evolución una vez instalado el prototipo. La utilización del sistema bentónico es debido a que se trata de un medio más estable que otros medios, como la columna de agua que se renueva a más velocidad.

Los impactos antropogénicos son también parcialmente responsables por las altas/bajas abundancias y por la presencia/ausencia de especies (Aneiros et al., 2015). Así, tanto la presencia de especies sensibles, como sus abundancias, nos indicarán grados distintos de aporte orgánico, las especies actúan como centinelas, un parámetro de evaluación continua

abundancias, nos indicarán grados distintos de aporte orgánico, las especies actúan como centinelas, un parámetro de evaluación continua del estatus ecológico del ecosistema circundante al vertido. Se espera que con la monitorización de la fauna bentónica y de las variables fisicoquímicas del sedimento y columna de agua, antes y después de la instalación del prototipo, nos indique un cambio en la presión ejercida sobre el medio.

RESULTADOS ESPERADOS

Tras la operación de ambos prototipos basados en tecnología de biopelícula, el proyecto LIFE SEACAN proporcionará una evaluación completa de los sistemas probados para la demostración de su viabilidad frente a sistemas convencionales de tratamiento. En este sentido, no sólo se evaluarán los sistemas de biopelícula en términos de eficiencia de eliminación de contaminantes o eficiencia energética, sino que también se evaluará el impacto positivo que tendrá sobre el medio marino. Así pues, como resultados principales que se esperan tras la ejecución de este proyecto se encuentran:

- Aumento de la calidad de las aguas depuradas en la industria conservera, con rendimientos de eliminación de DQO y nitrógeno mayores del 90%.
- Reducción de consumo energético en comparación con procesos tradicionales de tratamiento como lodos activos.
- En función de los cambios en la composición sedimentaria, las tasas de sedimentación, los altos o bajos valores de diversidad y abundancia, así como la presencia de especies sensibles o indicadoras de estrés ambiental nos servirá de base para la evaluación de la calidad ecológica del ecosistema sedimentario submareal.

En definitiva, el proyecto LIFE SEACAN contribuirá a mejorar la calidad del agua resultante de la actividad de la industria conservera, participando en el logro de los objetivos de la política de la Unión Europea con respecto a la Directiva Marco del Agua y los desafíos del sector del agua mediante la

elaboración de políticas, soluciones tecnológicas, soluciones de gestión y responsabilidad social.

AGRADECIMIENTOS

Esta contribución está respaldada por la Comisión Europea mediante el proyecto LIFE SEACAN, LIFE14 ENV/ES/00852.

REFERENCIAS

Aneiros F, Rubal M, Troncoso JS & Bañón R (2015). Subtidal benthic megafauna in a productive and highly urbanised semi-enclosed bay (Ría de Vigo, NW Iberian Peninsula). *Continental Shelf Research* 110: 16-24.

Figueroa M, Mosquera-Corral A, Campos JL & Méndez R (2008). Treatment of saline wastewater in SBR aerobic granular reactors. *Water Science and Technology*, 58(2): 479-485.

Ho KL, Chen YY, Lin B & Lee, DJ (2010). Degrading high-strength phenol using aerobic granular sludge. *Applied microbiology and biotechnology*, 85(6): 2009-2015.

Lin YM, Liu Y & Tay, JH (2003). Development and characteristics of phosphorus-accumulating microbial granules in sequencing batch reactors. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 62(4): 430-435.

Moy BP, Tay JH, Toh SK, Liu Y & Tay SL (2002). High organic loading influences the physical characteristics of aerobic sludge granules. *Letters in Applied Microbiology*, 34(6): 407-412.

Nicolella C, Van Loosdrecht MCM & Heijnen JJ (2000). Wastewater treatment with particulate biofilm reactors. *Journal of biotechnology*, 80(1): 1-33.

Tay JH, Tay SL, Liu Y, Show KY & Ivanov V (2006). *Biogranulation technologies for wastewater treatment: microbial granules* (Vol. 6). Elsevier.

Val del Río A, Figueroa M, Arrojo B, Mosquera-Corral A, Campos JL, García-Torriello G & Méndez R (2012). Aerobic granular SBR systems applied to the treatment of industrial effluents. *Journal of Environmental Management*, 95: S88-S92.

Val del Río A, Figueroa M, Mosquera-Corral A, Campos JL & Méndez R (2013). Stability of Aerobic Granular Biomass Treating the Effluent from A Seafood Industry. *Int. J. Environ. Res.*, 7(2): 265-276.



Figura 4.

DETOXIFICACIÓN DE MOLUSCOS Y PREDICCIÓN DE MAREAS ROJAS

MEDIANTE EL USO DE AGENTES MICROENCAPSULADOS Y NANOTECNOLOGÍA PROYECTO MYTITOX



Laura P. RODRÍGUEZ, Jorge LAGO,
S. Lucía BLANCO, Juan M VIEITES,
Ana G. CABADO

División de Seguridad Alimentaria. Área
de I+D+i de ANFACO-CECOPECA

Galicia está actualmente a la cabeza a nivel mundial en la producción de mejillón destinado a consumo humano y es una comunidad pionera en la exportación de técnicas de cultivo de este molusco en batea.

Las Rías Gallegas son, según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), uno de los depósitos de fitoplancton más importante del planeta. Sus más de 1200 km de costa, la temperatura de sus aguas y la elevada producción hacen de Galicia un paraje inmejorable para el cultivo de moluscos [1]. La excepcionalidad de las costas gallegas junto con la tradición marítimopesquera de la comunidad hace del cultivo de mejillón uno de los sectores básicos de la economía de la zona.

La continua aparición de episodios tóxicos en las costas gallegas, afecta al cultivo de los moluscos y pone en peligro la economía de más de 2000 familias que dependen directamente de este sector (productores, conserveros, comerciales...).

Durante estos episodios se produce un crecimiento exponencial de dinoflagelados que, en ocasiones, generan potentes toxinas que se acumulan en los bivalvos y llegan al ser humano a través de su ingesta, generando más de 60.000 intoxicaciones en todo el planeta [2].

Para evitar, en la medida de lo posible, estas intoxicaciones, se han puesto en marcha programas de

monitorización en los diferentes países. Estos programas difieren en cada región según las condiciones oceanográficas, la presencia de algas tóxicas o de toxinas en los moluscos. Este último indicador es el que prevalece mayoritariamente para la gestión de las áreas de producción. El control del fitoplancton tóxico entraña algunas dificultades debido a su distribución en la columna de agua, por lo que la cuantificación de estos organismos se emplea como una medida de alerta temprana o para efectuar cierres temporales.

El empleo de muestreadores tipo SPATT (Solid Phase Adsorption Toxin Tracking) para la monitorización de toxinas en el agua de mar se lleva a cabo con éxito en países como Nueva Zelanda, Irlanda o Escocia. Sin embargo, esta técnica se ve afectada por factores que dependen de la fisiología de los dinoflagelados, la época de muestreo o la distribución vertical de las especies tóxicas[3]. En el proyecto SinTox (Gestión integral de biotoxinas marinas en moluscos y detección temprana de episodios tóxicos) se comprobó que aunque la técnica resulta prometedora, tiene ciertas limitaciones, ya que requiere realizar un seguimiento de los niveles basales y de la fluctuación previa a los episodios tóxicos de distinta intensidad y en diferentes épocas del año, y no siempre es posible realizar la predicción de estos episodios muestreando en una única profundidad.

En Galicia, el Instituto Tecnológico para el Control del Medio Marino (INTECMAR) es el encargado del control de las zonas de producción. Estas zonas se clasifican en diferentes planos de acción regulados legalmente en base a los resultados obtenidos durante los recuentos de fitoplancton tóxico en el agua de mar y a los niveles de toxina detectados en los moluscos de cada una de las áreas. Tras realizar todas las analíticas pertinentes, el INTECMAR decreta el cierre o apertura de los polígonos.

En los últimos años, el número de días de cierre que se han producido en algunas de las zonas de producción, debido

a estos episodios tóxicos, ha originado grandes pérdidas económicas a los sectores relacionados con el cultivo de los moluscos. A pesar de las consecuencias que esto produce, el cierre de los polígonos es la única alternativa posible en estos casos. Cuando los episodios tóxicos desaparecen rápido, basta con retrasar la recogida del producto; sin embargo las largas mareas rojas de los últimos años han hecho que parte del mejillón se acabe desprendiendo de las cuerdas por no poder recogerlo a tiempo.

Además del mejillón, afectado mayoritariamente por toxinas del grupo del ácido okadaico, conocidas como toxinas diarreicas o DSP, otros moluscos de gran valor económico, como las vieiras, también se ven afectados por otros compuestos como el ácido domoico, perteneciente al grupo de las toxinas amnésicas o ASP. Sin embargo, a pesar de representar una actividad importante, los volúmenes de producción son inferiores, variando en los últimos 10 años entre los 226.000 y los 64.000 kg anuales, debido, en gran parte a la problemática de las toxinas. En la figura 1 se observan las ganancias en torno a la vieira en los últimos años.

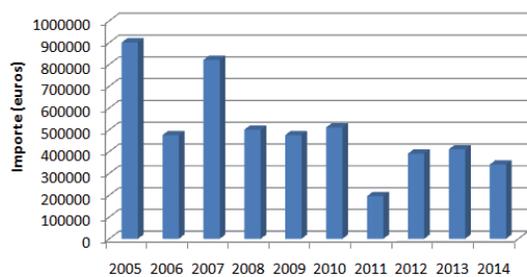


Figura 1. Importe de las ventas en lonja de vieira entre los años 2005-2014

Otro de los problemas que más impacto causa a la industria gallega es el aumento en la concentración de toxinas durante el procesado térmico de los moluscos debido a la pérdida de agua que experimentan. Esta circunstancia puede producir el rechazo de lotes de moluscos, que pese a contener niveles de toxinas inferiores al límite legal en el producto fresco, puedan sobrepasar el mismo tras el procesado en las industrias (cocción, enlatado...).

Actualmente el método oficial para la detección de toxinas lipofílicas en molusco es la cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas en tándem (LC-MS/MS) (Figura 2). La introducción de la nueva versión del procedimiento estándar incluye en su anexo C el procedimiento que hay que llevar a cabo en el caso de los mejillones procesados. En ella se

describe la reconstitución o hidratación de la muestra cocida o esterilizada según el porcentaje de deshidratación sufrido por el molusco durante su procesado. Esta modificación del procedimiento permite paliar esta situación, sin embargo, la incertidumbre analítica crea cierta inseguridad, sobre todo en aquellas muestras que se encuentren cerca del límite legal que pueden ser rechazadas por las industrias alimentarias [4].



Figura 2. Equipo de LC-MS/MS de ANFACO-OCEOPESCA

Además de las toxinas, los moluscos bivalvos, debido a su capacidad filtradora, concentran también otros contaminantes del medio marino como las partículas víricas producidos por virus patógenos humanos, como es el caso de la gastroenteritis producida por norovirus, o la hepatitis vírica de tipo A (VHA). Por otra parte la tendencia a consumir este tipo de alimentos crudos, y la resistencia por parte de los virus a los diferentes procesos culinarios, convierte a los moluscos en una posible fuente de brotes víricos de origen alimentario [5, 6]. Los moluscos han estado implicados en la aparición de epidemias de hepatitis A o norovirus en diversos países (EEUU, China, Italia o España), fundamentalmente cuando éstos se consumen sin cocinar [7-10]. En muchos países de clima templado la gastroenteritis vírica debida al norovirus es la enfermedad más común asociada al consumo de moluscos. Estos virus soportan un amplio rango de temperaturas, así como, la acción de algunos desinfectantes o soluciones antisépticas.

Actualmente, la legislación Europea ha establecido que con la ausencia de *Salmonella* y una cantidad inferior a 230 NMP/100 g de carne y líquido intervalvar de *E. coli*, el producto es apto para consumo humano [11]. Sin embargo, hay estudios que demuestran que estas bacterias no son indicadores fiables,

ya que los virus entéricos son mucho más resistentes a la inactivación y a los procesos de depuración que las bacterias. Según la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), algunos moluscos como las ostras y las vieiras, que cumplen la legislación Europea, presentan de forma frecuente norovirus, por lo que suponen un riesgo para los consumidores [5].

DESARROLLO DE UN NUEVO PROYECTO: MYTITOX

El conocimiento adquirido previamente en el proyecto SinTox y los buenos resultados obtenidos, permitieron el diseño de un nuevo proyecto que pretende mejorar el anterior. Algunos objetivos de este nuevo proyecto se relacionan con la predicción de las mareas rojas, la detoxificación de moluscos en depuradora y la obtención de nuevos productos sin toxinas, que permitan la valorización de moluscos cuyo nivel de toxicidad es próximo al límite oficial establecido en Europa. El proyecto MytiTox está financiado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), a través del Programa FEDER INNTERCONECTA 2015 y apoyado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

En este caso el estudio de la predicción de la entrada de episodios tóxicos en las Rías se llevará a cabo empleando nuevos materiales nano-particulados que logren captar las toxinas del agua de mar.

Por otro lado, debido a los resultados prometedores obtenidos en el marco del anterior proyecto en cuanto a la depuración de molusco tóxico, durante el proyecto MytiTox se emplearán los mismos compuestos con los cuales se lograron porcentajes de degradación de toxina de hasta un 50 % en los moluscos, pero en este caso se administrarán a los moluscos de forma microencapsulada, para asegurar su ingesta y efecto en la glándula digestiva con el fin de superar la degradación obtenida anteriormente.

Además se emplearán otras técnicas como la liofilización y las altas presiones o HPP (High Pressure Processing) (Figura 3), para disminuir la cantidad de toxinas y patógenos en los productos y con el fin de obtener aislados proteicos y nuevos productos sin toxinas para poder incorporar a otros productos (cremas, salsas, patés...).



Figura 3. Equipo de altas presiones de ANFACO-CECOPESCA

Por último, se concretará el procedimiento más adecuado para la eliminación de toxinas en molusco mediante la aplicación de acidificación y fritura. La novedad en este caso, con respecto al anterior proyecto SinTox será el diseño y la optimización de un prototipo que aporte acidez al molusco permitiendo acelerar el proceso y estudiando su viabilidad en la planta. Una vez desarrollado el prototipo, se validará el procedimiento empleando un cuantioso número de muestras para verificar su reproducibilidad con el fin de presentarlo a las autoridades competentes para, en un futuro, poder trabajar con molusco tóxico evitando la paralización del sector durante los episodios tóxicos.

EMPRESAS PARTICIPANTES

Debido a los resultados esperanzadores obtenidos durante el proyecto SinTox, algunas de las empresas del consorcio han decidido arriesgarse y participar en este nuevo reto que les permitirá transferir e implantar los conocimientos adquiridos. El consorcio establecido para llevar a cabo el proyecto MytiTox está formado por cinco pymes gallegas.

El líder del consorcio es **CONSERVAS CERQUEIRA S.A.** empresa creada en 1890 como una pequeña industria artesanal dedicada al envasado de moluscos, y actualmente una de las conserveras más grandes de Galicia, en la que conviven marcas como PayPay, Buenos Días y Ramona. Desde sus inicios, la máxima preocupación de esta empresa fue ofrecer al consumidor productos con la más alta calidad, por lo que siempre ha estado por delante de sus competidores en lo que a dotaciones tecnológicas y maquinaria se refiere. Actualmente emplea a más de 100 trabajadores en sus centros de Vigo y Ribeira, en cada uno de los cuales tiene un laboratorio de I + D, en los que realizan el control de calidad y las diferentes pruebas para la detección de toxinas.

A raíz del anterior proyecto SinTox, CONSERVAS CERQUEIRA S.A. busca ampliar su actividad investigadora y continuar con su participación activa en nuevos proyectos de I + D. El mayor interés de la empresa en el proyecto MytiTox consiste en disponer de una tecnología alternativa que le permita utilizar mejillón tóxico que en la actualidad no se permite extraer, diversificando su producción y obteniendo mejoras en sus procesos en cuanto a rentabilidad y seguridad alimentaria. Tras validar la tecnología desarrollada en el proyecto, la empresa podría contribuir al cambio en la legislación aportando los datos necesarios a las Administraciones pertinentes.

En segundo lugar participa en el proyecto **PESCADOS MARCELINO S.L.** una empresa familiar que cuenta actualmente con 46 trabajadores, situada en la Ría de Aldán

y dedicada a la cocción, la ultra-congelación y el envasado de productos en salmuera. Sus socios disponen de bateas flotantes y barcos equipados tecnológicamente con los que recogen alrededor de 2000 toneladas de mejillón cada año. La empresa procesa los moluscos en su planta mediante un meticuloso proceso productivo (lavado y desgranado, cocción a presión con vapor saturado, desconchado, calibrado, selección y envasado). PESCADOS MARCELINO S.L. ha participado en el anterior proyecto SinTox y ha colaborado con ANFACO-CECOPESCA en los últimos años en el ámbito de las toxinas marinas y la microbiología alimentaria.

El interés de esta empresa en el nuevo proyecto MytiTox es doble: por una parte, poder anticiparse a la entrada de los episodios tóxicos que le permitan tomar las decisiones pertinentes en cuanto a la recogida de moluscos se refiere, con el fin de paliar las pérdidas sufridas en los últimos años debido a la extracción y el posterior descarte de grandes partidas de molusco tóxico. En segundo lugar, PESCADOS MARCELINO, pretende obtener procesos de detoxificación y disminución de los niveles de toxinas y otros patógenos en mejillón aplicando la técnica de HPP y desarrollar procesos basados en la liofilización o en la obtención de aislados proteicos para obtener nuevos productos sin toxinas.

La tercera empresa que forma parte de este consorcio es **MARISCOS VEIRO S.L.** una empresa gallega con más de 30 años de experiencia en el mercado del marisco. Las principales actividades de esta empresa son la depuración y evisceración de los pectínidos y su posterior comercialización. Su principal objetivo es proporcionar a sus clientes, tanto a nivel nacional como internacional, los mejores mariscos cumpliendo los más estrictos controles de calidad. La empresa cuenta con unas modernas instalaciones de reciente construcción punteras en las que se realizan, por un lado, la depuración del marisco, y por otro, la evisceración de vieira, único en Galicia. MARISCOS VEIRO presenta una actividad de I + D destacada, fruto de la cual nace en el año 2000 el sistema VEIROSYSTEM que consiste en la depuración vertical de mariscos que ayuda a acortar los tiempos de depuración al renovar de forma constante el agua limpia utilizada, y mecanizar la manipulación del producto. Gracias al anterior proyecto SinTox, la empresa incorporó un nuevo departamento de I + D que ha permitido de nuevo la participación de VEIRO en el presente proyecto MytiTOX.

El interés de esta empresa es lograr estrategias de depuración de moluscos tóxicos (tanto mejillones como vieiras u otros pectínidos) empleando procesos de pasteurización en frío (HPP) o liofilización, para la degradación de toxinas hidrofílicas (PSP) o lipofílicas (DSP) y obteniendo nuevos productos sin

toxinas aptos para el consumo o para la elaboración de salsas, cremas, etc.

Las dos últimas empresas no han participado en el proyecto SinTox pero sí colaboran frecuentemente con ANFACO-CECOPESCA. La primera de ellas **LA SIRENA**, nace en el año 2001 en Cambados y forma parte del Grupo Linamar, en el que destaca Maricos Linamar, empresa responsable de comercializar los productos previamente depurados y elaborados por LA SIRENA. Esta empresa cuenta con una de las mayores capacidades de depuración y elaboración del sector y ha sido pionera en la instalación de nuevas tecnologías, como la depuración en bins, depuración en circuito cerrado y con control paramétrico, implantación de desinfección de agua de depuración con agua electrolizada, nuevos formatos en envasado tradicional y el envasado en atmósfera protectora, tanto en bandeja como en bolsa.

El grupo LINAMAR es pionero en el desarrollo de formatos novedosos, como la atmósfera protectora, su producto estrella, y un formato único en el mercado. Este formato mantiene los moluscos en óptimas condiciones durante un mayor periodo de tiempo, sin añadir ningún aditivo incrementando el plazo de exposición en el mercado (menores pérdidas por deterioro de la calidad) y ofreciendo mayor flexibilidad para los consumidores. Respecto a los servicios, a diferencia del resto de depuradoras, la empresa cuenta con un departamento de calidad formado por un equipo de personas que se dedican exclusivamente a controlar la trazabilidad del producto, lo que garantiza la máxima seguridad alimentaria. LA SIRENA tiene un departamento de calidad e I+D en el que trabajan tres personas que controlan el proceso de depuración íntegramente.

El interés de esta empresa en el nuevo proyecto MytiTox es, por un lado, la predicción de la entrada de episodios tóxicos, y por otro, la obtención de procesos de detoxificación y disminución de los niveles de toxinas y otros patógenos en mejillón aplicando la técnica de HPP para la fabricación de nuevas preparaciones.

La última empresa que forma parte de este consorcio es **GalChimia**, fundada en el año 2001 como una spin-off de la Universidad de Santiago de Compostela y ubicada en O Pino (A Coruña). Esta empresa dedicada a la síntesis química, ofrece servicios especializados de química orgánica sintética para las industrias química, farmacéutica y biotecnológica.

Desde su constitución, ha trabajado en más de 800 proyectos de química médica, síntesis a medida y desarrollo de procesos

para un conjunto de más de 150 clientes repartidos en un total de 25 países. Actualmente se ha convertido en un referente a nivel nacional en química orgánica sintética.

Con el objetivo de alcanzar la integración casi total en la cadena de valor de Química Médica, en 2012 la empresa ha constituido, junto con Applus+ LGAI, la Agrupación de Interés Económico (AIE) GalChimiApplus (www.GalChimiapplus.com). Con esta alianza, GalChimia está en condiciones de ofrecer una cartera de servicios completa, abordando desde las etapas iniciales de síntesis a pequeña escala para fases preclínicas hasta la síntesis a gran escala para las fases clínicas en las que se requiere el desarrollo de los procesos de fabricación, el escalado del proceso en planta piloto y la fabricación de lotes de producto bajo normas GMP (Good Manufacturing Practices).

La plantilla está formada por 28 personas, en su gran mayoría titulados superiores (80 %), de los cuales más de la mitad son doctores. Las instalaciones de GalChimia constan de una superficie total de 500 m², de los cuales 350 m² están dedicados a laboratorios: cinco laboratorios de investigación, un laboratorio de escalado y desarrollo de procesos, un laboratorio de análisis y un laboratorio de equipos especiales. GalChimia ha participado en la realización de numerosos proyectos de investigación en diversas áreas, siempre colaborando con empresas de gran nivel y experiencia en su área.

Los principales intereses de esta empresa son, por un lado obtener procesos de síntesis y escalado de los materiales nanoporosos diseñados para la captación eficiente de toxinas en agua de mar; y por otro, validar nuevos protocolos eficientes para el uso de estos materiales desarrollando una nueva línea de negocio.

La ejecución del nuevo proyecto cuenta además con el apoyo de dos centros tecnológicos. Por un lado **ANFACO-CECOPECA** (Asociación Nacional de Fabricantes de Conservas de Pescados y Mariscos- Centro Técnico Nacional para la Conservación de Productos de la Pesca). Este centro tecnológico, de referencia en Galicia, lleva más de 110 años defendiendo los intereses de la industria productora y transformadora ligada al sector pesquero y acuícola gallego.

Este centro posee una amplia experiencia en el campo de las toxinas marinas, tanto en su detección rutinaria, como en investigación básica o aplicada. El centro comenzó a trabajar en el campo de las toxinas marinas en los años 70, y fue de los primeros en asumir la analítica de ácido domoico tras su aparición en los 90 en aguas gallegas. En la actualidad, el control rutinario, y en muchos casos el oficial, de biotoxinas se

realiza en las instalaciones de ANFACO-CECOPECA, ya que está acreditado por ENAC bajo la norma ISO 17025. Además es el único centro Español, junto con el Laboratorio Europeo de Referencia de Biotoxinas Marinas (EU-RL-MB), acreditado por ENAC para realizar el análisis de toxinas lipofílicas mediante LC-MS/MS en muestras procesadas. Ambas instituciones colaboraron intensamente para dar solución a la problemática del aumento de toxinas del grupo del ácido okadaico durante el procesado térmico de los moluscos. Tras esta colaboración se creó el Anexo C del Procedimiento Estándar para la detección de toxinas lipofílicas en moluscos bivalvos, que permite analizar la muestra tras reconstituirla o rehidratarla con la cantidad de líquido perdido durante el procesado. La creación de este Anexo ha sido de gran utilidad para todo el sector transformador de moluscos bivalvos y otros sectores relacionados.

Por otro lado, el **Laboratorio Ibérico Internacional de Nanotecnología (INL)**, inaugurado en Braga en 2009 que cuenta con unas instalaciones de vanguardia impulsadas por España y Portugal, también dará apoyo al consorcio. Este Laboratorio se divide en cuatro grandes especialidades: Nanomedicina, Medio Ambiente y control de alimentos, Nanoelectrónica y Nanomáquinas y materiales. Un centenar de investigadores de 19 nacionalidades distintas trabajan en este centro con el objetivo de situar la Península Ibérica a la vanguardia en lo que a nanociencia se refiere. El centro ofrece además unas instalaciones con la última tecnología donde biólogos, bioquímicos, físicos, ingenieros de materiales, químicos, e ingenieros electrónicos pueden trabajar juntos en proyectos con un alto nivel de multidisciplinariedad.

Este ambicioso proyecto permitirá, un sustancial adelanto en la economía del sector, muy dañada en los últimos años por los episodios tóxicos. La consecución de los diferentes objetivos tendrá gran alcance, ya que podría avisar de la presencia de toxinas antes de que se contaminaran los moluscos. Asimismo, evitaría tener que destruir todas aquellas partidas de moluscos que superen los límites legislados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Pitcher, G.C., et al., The physical oceanography of upwelling systems and the development of harmful algal blooms. Progress in oceanography, 2010. 85: p. 5-32.

2. Van Dolah, F.M., Marine algal toxins: origins, health effects, and their increased occurrence. *Environ Health Perspect*, 2000. 108: p. 133-141.
3. Li, A., et al., Dynamic adsorption of diarrhetic shellfish poisoning (DSP) toxins in passive sampling relates to pore size distribution of aromatic adsorbent. *Journal of Chromatography A*, 2011. 1218: p. 1437-1442.
4. EU-RL-MB, EU-Harmonised Standard Operating Procedure for determination of Lipophilic marine biotoxins in molluscs by LC-MS/MS. Version 5, January 2015.
5. EFSA, Evaluation of heat treatments, different from those currently established in the EU legislation, that could be applied to live bivalve molluscs from B and C production areas, that have not been submitted to purification or relaying, in order to eliminate pathogenic microorganisms. *EFSA Journal*, 2015. 13: p. 1-76.
6. EFSA, Technical specifications for a European baseline survey of norovirus in oysters. European Food Safety Authority (EFSA). *EFSA Journal*, 2016. 14: p. 4414-4462.
7. Croci, L., et al., Contamination of mussels by hepatitis A virus: A public-health problem in southern Italy. *Food Control*, 2003. 14: p. 559-563.
8. Croci, L., et al., The survival of hepatitis A virus in fresh produce. *Int J Food Microbiol*, 2002. 73: p. 29-34.
9. Romalde, J.L., et al., Prevalence of enterovirus and hepatitis A virus in bivalve molluscs from Galicia (NW Spain): Inadequacy of the EU standards of microbiological quality. *Int J Food Microbiol*, 2002. 74: p. 119-130
10. Cooksley, W.G., What did we learn from the Shanghai hepatitis A epidemic? *J Viral Hepat*, 2000. 7: p. 1-3.
11. EC, Commission Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. 2005. L338: p. 1-26.

ANÁLISIS FRACTAL DE VIABILIDAD FINANCIERA EN AEROMÉXICO

María Ramos-Escamilla*, Liliana Malaquias-Gómez**

*Instituto Tecnológico de Pachuca. Departamento de Posgrado e Investigación. Miembro del SNI-N1-CONACYT.E- Mail: ramos@itpachuca.edu.mx

** Universidad Iberoamerica. Departamento de Ingenierías.

recabada fue consultada directamente en la página de la Bolsa Mexicana de Valores <https://www.bmv.com.mx/> en la cual podemos observar importantes datos de los cuales nos apoyaremos para el análisis de dicha empresa

RESUMEN

e

este trabajo propone un análisis financiero a la empresa Aeroméxico como resultado de técnicas de Ingeniería Financiera, se busca con esto obtener información útil para la toma de decisiones a niveles ejecutivos, los resultados forman parte de modelos matemáticos no lineales y que están siendo aplicados de manera general al caso de estudio.

Palabras Clave: Aeroméxico, Fibonacci, Miller, Fractal

Abstract

This paper proposes a financial analysis of the company Aeroméxico as a result of techniques learned in class and Financial Engineering analysis, it seeks with this information useful for decision-making at executive levels, the results are part of nonlinear mathematical models and are being applied generally to the case study.

Keywords: Aeroméxico, Fibonacci, Miller, Fractal

INTRODUCCIÓN

En el siguiente artículo se presentará el ejercicio realizado a una empresa de mercado de capitales Aeroméxico, aplicaremos cálculos que nos permitirán efectuar un análisis de los datos que se obtengan. Grupo Aeroméxico, S.A.B. de C.V., es una sociedad anónima bursátil de capital variable, bajo estos innovadores modelos se busca realizar modelación matemática, dejando atrás métodos y técnicas lineales que limitan las predicciones y resultados. A continuación, tenemos la Matriz Bursátil, es importante mencionar que la información

Var	C
VP	30
PUT	39.83
VC	2000
CALL	39.97
PUH	39.97
PPP	39.85
VAR	-0.870647
Vop	38720
Max	40.98
Min	39.61
Max Δ	40.98
Min Δ	39.61
PU	15.859871
UA	2.512631
VLA	2.707734
AC	710,267,132

Tabla1: Matriz Bursátil

Es importante como uno de los primeros pasos, evaluar los datos importantes: Capital- 12%, y 100 Inversionistas. Para las ventas utilizaremos los siguientes supuestos:

$$L = M * G(1 - D) \quad (1)$$

$$\log(I) = \log(M) + \log(G) * (1 - D)$$

$$b_y w = f(b_x L) \quad (1.1)$$

$$PUT_{Exante} = \left[\frac{VP}{PPP} \right] P_u H \quad (1.1.1)$$

$$PUT_{ExtPost} = \frac{(\log VP + \ln P_u^H)}{\frac{PPP}{x}} \quad (1.1.2)$$

Para calcular las ventas sustituiremos cada uno de los valores (Matriz Bursatil Tabla 1)

$$D = D + 1$$

$$\bar{x} = \frac{1}{[N-1] \sum_{i=1}^{N-1} [I - f(i)]} \cdot \frac{1}{2} PUT_{Exante} = \left[\frac{30}{30.85} \right] 39.07$$

Posteriormente realizaremos la sustitución del supuesto 2 con los valores necesarios.

$$PUT_{ExtPost} = \frac{(\log 30 + \ln 39.97)}{\frac{39.85}{x}}$$

Para obtener el valor de "x" deberemos realizar la division del logaritmo neperiano entre el logaritmo natural y el resultado elevarlo al valor de del valor del precio promedio ponderado:

$$\bar{w} \propto I^H \quad (2)$$

$$dx/dt = f(x) \mapsto dy/dt = f(y) \cdot x^n + 1 = f(xn) \cdot xn + 1 \mapsto 1/2 (xn + 2/xn) \cdot x$$

$$Put = \left[\frac{\log 30}{\ln 39.97} \right]^{39.85} = \left[\frac{1.47}{3.68} \right]^{39.85} \quad x=4.15$$

Para el cálculo de las compras deberemos utilizar los supuestos siguientes y de la misma manera que calculamos las ventas, sustituiremos los datos correspondientes de acuerdo a los datos de la Tabla 1

$$Call = \left[\frac{VC}{PPP} \right] P_u H \quad (3)$$

$$Call = \left[\frac{3.3}{PPP_{39.85P}} \right] P_u^{39.07H} f(x, R_0) = \alpha^{f^2} (x/\alpha, R_1) f(x, R_0) = \alpha^n f^{2n} (x/\alpha^n; R_n)$$

Ahora a sustituir los valores para el siguiente supuesto:

$$Call = \frac{(\log VC + \ln P_u^H)}{\frac{PPP}{y}} \quad (4)$$

Recordemos que es necesario obtener el valor de "y" para esto nuestro supuesto quedará así:

$$Put = \left[\frac{\log 3.3}{\ln 39.97} \right]^{39.85} = \left[\frac{.51}{3.68} \right]^{39.85} \quad y=6.27$$

$$g(x) = \alpha^n f^{2n} (x/\alpha^n, R_{n+1}) = \alpha g^2 (x/\alpha)$$

$$dx/dt = s(y - xy + x - qx^2 = -x + ay + x^2y$$

$$dy/dt = 1/s (-y - xy + vz) = b - ay - x^2y$$

$$dz/dt = w(x - z)a - x - \frac{4xy}{1 + x^2} = bx(1 - y/(1 + x^2))$$

En lo que se refiere a los precios, se calcula por medio de la raíz cuadrada de la suma de los precios del año anterior, fraccionado por la proporción máximo sobre mínimo, elevado a la variación registrada, como se indica en

$$J = 1/(1 + x^{t^2}) \left| \begin{array}{cc} 3x^{t^2} - 5 & -4x^t \\ 2bx^{t^2} & -bx^t \end{array} \right| \quad (5)$$

$$P_{entregada} = p_{radiada} + p_{pérdidas} = i^2 r_r + i^2 r_\omega$$

$$H_i = \frac{P_{radiada}}{P_{entregada}} = \frac{R_r}{R_r + R_\omega}$$

$$Z_e = r_e(w) + x_e(w) j - R_e(w) = r_r + r_j r_e(w) + x_e(w) = (r_r + r_j) + x_e(w) j$$

$$P' = \left[\frac{\text{Max}_{VAR}}{\text{Min}} \right]^{\frac{1}{2}} \mapsto \left[\frac{40.98 + 1}{\frac{40.98}{39.61}} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{41.98}{1.02} \right]^{\frac{1}{2}} = 6.41$$

Para calcular el precio sombra tenemos:

$$I = \sqrt{\frac{300}{30}} = 100A = r_i = 30 * 100^2 |v| = |(30 - j200\omega) * 300| = 606712.452$$

$$z_c = \frac{1}{j\omega c} r_e(w) + j\omega l + r_e(w) - \frac{1}{j\omega c}$$

$$Swr = \frac{V_{max}}{V_{min}} (\text{adimensional}) \quad \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{ei+er}{ei-er}$$

$$V_{max} = ei+er - V_{min} = ei-er \quad (6)$$

En este caso debemos obtener el valor de "z". Realizaremos la adición de la sustracción de Maximo año anterior entre minimo mas la sustracción de Maximo y lo elevaremos a 1/2

$$P'' = \frac{\left\{ \left[\frac{40.98}{40.98} \right] + \left[\frac{39.61}{39.61} \right] \right\}^{\frac{1}{2}}}{\left[\frac{0.6}{2} \right]} = \frac{1.41}{.06} \quad z = 23.57$$

Para realizar la predicción del precio de venta (apoyados con los datos extraídos anteriormente) para aeromexico

realizaremos la sustraccion de los resultados obtenidos de los precios 1 y 2

$$P = \frac{6.41}{23.57} = .27$$

Para el calulo de las acciones raelizaremos algunas sustraccioneess y cálculos de exponentes, siguiendo los siguientes supuestos:

$$Ac = \frac{[Vop]^{1/2}}{[PPP]^{3/4}} P$$

Accion de circulaci3n1, Valor de operaci3n elevada a 1/2 entre Precio Promedio ponderado a 3/4 y nuestro resultado elevado a P (Precio)

$$H = \frac{RL}{RL+Rs} = \frac{RL}{2RL} = 0.5 = 50\%$$

$$D = \frac{P}{P_{ref}} \frac{f_{max}-f_{min}}{f_0} \frac{PL}{p} \quad Prg = p_{eg}$$

Por lo tanto: $\epsilon \rightarrow \infty$ y $(\epsilon) \rightarrow \infty$

$$(k-1) \frac{x}{k} \leq x < kX; \quad \frac{(h-1)x}{k} \leq y < \frac{hY}{k}$$

$$Ac = \frac{[4.58]^{1/2}}{[39.85]^{3/4}} \cdot .27 = \frac{[2.14]}{[15.86]} \cdot .27 = .58$$

Como en otros cálculos, para este supuesto debemos valorar a "α"

$$AC = \frac{\frac{1}{2} \frac{[Vop]^{1/2}}{[PPP]^{3/4}}}{\alpha} \quad (7)$$

Para ellos debemos realizar la sustraccion de el valor de Valor de operacion entre Precio Ponderado Promedio, nuestro cociente lo multiplicaremos por 1/2 y posteriormente realizaremos otra sustraccion esta vez con el valor de precio P. De los resultados obtenidos en cada una de las fórmulas obtendremos el valor indexado utilizando los siguientes supuestos:

$$R(n) = 1/k = \ln^{1/2} \log r(n) = \log(1/n^{1/d}) = -(\log n)/d$$

$$\log(1) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{4^n}{3} = \infty$$

$$D = \frac{\log N}{\log T} D = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{\log(3 \cdot 4^{n-1})}{\log(3^n)} \right) = L^2 = h^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \quad h = \sqrt{1^2} - \left(\frac{1}{2}\right)^2$$

$$= \sqrt{1^2} - \frac{1^2}{4} = \sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{1\sqrt{3}}{2} \quad (8)$$

$$A = \frac{B \cdot h}{2} = \frac{1^{1/\sqrt{3}}}{2} = \frac{1^{\sqrt{3}}}{4} A_t = a + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{4^{n-1}}{3^{2n-1}} \right) A \quad (9)$$

$$R = \frac{Put_{Extan} + Put_{Expos}}{2} = \frac{[R \times 100]}{100} = 2.82\% \quad (10)$$

$$R = \frac{Call_{Extan} + Call_{Expos}}{2} = \frac{[R \times 100]}{100} = 8.83\%$$

$$R = \frac{[P' + P'']}{2} P = \frac{[R \times 100]}{100} = 2.18\% \quad (11)$$

$$R = \frac{[AC' + AC'']^{Ac}}{2} = .74\% \quad (12)$$

Para poder calcular el precio promedio debemos utilizar el supuesto:

$$PM = \left\{ \lim_{[x]} \frac{Put}{[y]} + \lim_{[y]} \frac{Call}{[x]} \right\} \ln \left(\frac{P_{Ac}}{R} \right) + \frac{\left[\frac{\log Put}{\log Call} \right]^R + \left[\frac{\log Put}{\log Call} \right]^{Put-Call}}{Z} \quad (13)$$

Inflaci3n	π	2.13	
Cetes 91	CT	3.36	X
Tasa de inter3s	I	3.25	Y
D3lar canadiense	Cad	13.39	Z

Tabla 2: Informaci3n adicional

El c3lculo se inicia con el c3lculo del l3mite Put(Sin) y Call (Sen)

$$PM = \left\{ \frac{SinPut}{[x]} + \frac{CosCall}{[y]} \right\} \ln \left(\frac{P_{Ac}}{R} \right) + \frac{\left[\frac{\log Put}{\log Call} \right]^R + \left[\frac{\log Put}{\log Call} \right]^{Put-Call}}{Z} \quad (14)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} ar^{n-1} P(kn) = \lim_{n \rightarrow \infty} -\log(k_n) = \lim_{n \rightarrow \infty} 3 \left(\frac{4^n}{3^n} \right) = \infty D \frac{\log N}{\log \left(\frac{4}{3} \right)}$$

$$A = \frac{3A_0}{4} - \frac{3A_0}{16} = \frac{9A_0}{16} = \frac{3^2}{4} A_0 \quad A_{k+1} = A_k - 3^k \frac{A_0}{4^{k+1}} = \frac{3^k}{4^k} A_0 - \frac{3^k}{4^{k+1}} A_0$$

$$A_{k+1} = \left(\frac{3}{4} \right)^{k+1} A_k = \lim_{k \rightarrow \infty} A_k = A_0 \lim_{k \rightarrow \infty} \left(\frac{3}{4} \right)^{k+1} = 0$$

$$PM = \left\{ \lim_{[x]} \frac{Put}{[y]} + \lim_{[y]} \frac{Call}{[x]} \right\} \ln \left(\frac{P_{Ac}}{R} \right) + \frac{\left[\frac{\log Put}{\log Call} \right]^R + \left[\frac{\log Put}{\log Call} \right]^{Put-Call}}{Z}$$

$$P_1 = \frac{P_0}{4} = \frac{P_0}{2} \frac{P_n}{2} = \frac{P_{n-1}}{4} \rightarrow P_n = \frac{P_0}{(2)^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} P_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{3}{2} \right)^n = \infty$$

Para poder realizar la ejecución del supuesto es necesario considerar dos factores claves; tendencia al alza y a la baja

Upward Trend		Downward Trend	
Max	40.98	Max _A	40.98
Min	39.61	Min _A	39.61
Max Range		Min Range	

Tabla 3: Datos Fibonacci

El análisis fractal nos permite realizar un cálculo más exacto, para llevar a cabo estas operaciones es necesario contar con datos indispensables como:

Max Price	40.98
Min Price	39.61
Max Price Range	15.29
Stoke Market Broadcaster	10.62
Share Market Log	7.27
Min Price Range	1
Volumen in Calcul Log	12.57

Tabla 10: Resultado Fractal

$$Q = \frac{1}{k^2 a^3} + \frac{1}{ka} = \left(\frac{2\pi a}{\lambda}\right)^3 = k^3 a^3 = \frac{1}{Q} = \frac{f_{n+1}}{f_n} \approx 2 k \frac{c}{f_n} \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \delta^n \frac{\log N}{\log r} = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\log N}{\log r}$$

$$A_n = \left(\frac{3}{4}\right)^n A_0 \lim_{n \rightarrow \infty} A_n = A_0 \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{3}{4}\right)^n = 3^n \left(\frac{1}{2}\right)^n = P_0 = P_0 \left(\frac{3}{2}\right)^n$$

$$P_\infty = \lim_{n \rightarrow \infty} P_n = P_0 \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{3}{2}\right)^n = \infty \quad (15)$$

$$D = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\log 3^n}{\log 2^{-n}} = \frac{\log 3}{\log 2} = 1,58496$$

$$L_n = 4^n \left(\frac{1}{3}\right)^n L_0 = \left(\frac{4}{3}\right)^n L_0 \quad (16)$$

$$L_\infty = L_0 \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{4}{3}\right)^n = \infty \frac{\sqrt{3}}{4} \left(\frac{l_0}{3}\right)^2 + 4 \frac{\sqrt{3}}{4} \left(\frac{l_0}{3^2}\right)^2$$

$$A_n = \sum_{k=1}^n 4^{k-1} \frac{\sqrt{3}}{4} \left(\frac{l_0}{3^k}\right)^2 \quad (17)$$

$$A_\infty = \lim_{n \rightarrow \infty} A_n = \frac{\sqrt{3}}{4^2} l_0^2 \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \left(\frac{4}{3^2}\right)^k = \frac{4 \sqrt{3}}{3^2 4^2} l_0^2 \lim_{n \rightarrow \infty}$$

$$\sum_{k=0}^{n-1} \left(\frac{4}{3^2}\right)^k = \frac{4 \sqrt{3}}{3^2 4^2} l_0^2 \frac{1}{1 - \frac{4}{9}} = \frac{1}{5} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} l_0^2$$

$$D = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\log 4^n}{\log 3^{-n}} = \frac{\log 4}{\log 3} = 1,26186$$

Para la utilización de este medoto debemos obtener los siguientes resultados:

	Datos
Max	40.98
Min	39.61
Max Range	0.5
[AC]Circ V Long	10.62
Stock MK log	7.27
(PPP) Share MK Log	1
Mn Range	0.5

Tabla 11: Resultados Stok Market

$$Max Range = \left[\frac{Max + Max^A}{2} \right] \quad (18)$$

$$Max Range = \left[\frac{40.98 + 40.98}{2} \right] = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$Max Range = \left[\frac{Min + Min^A}{2} \right]$$

$$Max Range = \left[\frac{36.61 + 36.61}{2} \right] = \frac{1}{2} = 0.5 \quad (18.1)$$

$$\left[\frac{(Put + Call)^{1/2}}{\left(\frac{VCall - VPut}{2}\right)^{3/4}} \right] \quad (19)$$

Para esto se requiere de los montos de postura de compra, postura de venta (CallyPut), esto ponderado con los volúmenes de compra y venta (VC y VP).

$$GISF = \frac{(Put + Call)^{1/2}}{\left(\frac{VCall - VPut}{2}\right)^{3/4}} \quad (20)$$

Se consideran los valores máximo y mínimo (MaxyMin), comparados con los del año anterior (Max_A y Min_A) obteniendo la media de sus diferencias;

MaxRange=[Max+Max_A/2] de la misma manera para los mínimos
MinRange=[Min+Min_A/2]

$$Max\ Range = \left[\frac{Max+Max_A}{2} \right] \quad (21)$$

$$\left[\frac{[Max\ Ex\ Post - Max\ Ex\ Ante]}{2} \right]^{Max\ Ex\ Post} = 4.25$$

$$\left[\frac{[Min\ Ex\ Post - Min\ Ex\ Ante]}{2} \right]^{Min\ Ex\ Post} = 3.50$$

CONCLUSIONES

La utilización de clásicos métodos matemáticos nos han llevado a cálculos menos precisos, por lo cual es necesaria la utilización de métodos no lineales a fin de que la exactitud no se vea comprometida, consideraremos que el uso de método fractal permite una exactitud mas cercana debido al desarrollo de los supuestos y suavizaciones utilizadas.

REFERENCIAS

- Copertari, L. F. (2016). Free Will for Artificial Machines with Natural Intelligence.
- Cortés, L. M., García, J. J., & Agudelo, D. (2015). Effects of Mergers and Acquisitions on Shareholder Wealth: Event Study for Latin American Airlines. *Latin American Business Review*, 16(3), 205-226.
- Extremera, M. J. (2016). Análisis de geometrías fractales para resonadores microstrip.
- Guerrero, G. R. (2016). Modelo de gestión integral de operaciones desde la complejidad. *DESARROLLO GERENCIAL*, 7(2).
- Leibold, A. O. S., López, Y. A., & Flores, M. (2016). Low Cost Carriers in Mexico. *The Low Cost Carrier Worldwide*, 97.
- Mandelbrot, B. B. (2005). The inescapable need for fractal tools in finance. *Annals of Finance*, 1(2), 193-195.
- Obben, J., & North, P. EVALUATING AIRLINE PERFORMANCE WITH NONORIENTED SLACKS BASED MEASURES OF SUPER EFFICIENCY.
- Prada, D. A., González, C. P., Vera, P. E., & Álvarez, M. A. (2016, February). Morphological analysis of carbon steels using fractal geometry. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 687, No. 1, p. 012075). IOP Publishing.
- Rodríguez, D. T. G., Moreno, M. R., & Martínez, J. I. (2016). Breve análisis desde la bioeconomía y biodesarrollo de la carta encíclica *Laudato Si'* del santo padre Francisco sobre el cuidado de la casa común. *Criterios*, 8(2), 133-153.
- Roy, P., Jain, A., Bansal, P., & Verma, R. V. K. An Elliptical Patch Antenna for X-Band Radar Application.
- Scheraga, C. A. (2004). Operational efficiency versus financial mobility in the global airline industry: a data envelopment and Tobit analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(5), 383-404.
- Terrazas, S., Avena, L. L. A., & Pierce, J. E. C. (2016). Métodos de Escala en la Física y Biología. *CULCYT*, (54).

1. INTRODUCCIÓN

Hoy es imprescindible el trabajo de investigación e innovación a todos los niveles, pero en este estudio nos vamos a centrar aplicándolo al mar y sus recursos, ya que resultan muy necesarios para dar a conocer los distintos aspectos sobre los que trabajan nuestros investigadores en ese campo, además de ser divulgación de interés para la sociedad. Así, nos vamos a centrar en el Instituto Español de Oceanografía (IEO), que es un organismo público de investigación (OPI), dependiente de la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad, dedicado a la investigación en ciencias del mar, especialmente, en lo relacionado con el conocimiento científico de los océanos, la sostenibilidad de los recursos pesqueros y el medio ambiente marino, y con más razón, debido a que el IEO, cuenta con sus Centros Oceanográficos costeros, y el Centro Oceanográfico de Vigo, participa en el órgano directivo como miembro consultor de nuestro Instituto de Cultura, Ciencia y Tecnología (ICCT), cuyo fin es la divulgación de la ciencia y tecnología, estando su organigrama directivo formado por científicos, académicos, profesionales e instituciones.

El Instituto Español de Oceanografía (IEO), comprometido con la investigación nos facilita para su divulgación los trabajos que se llevan a cabo, así como fotografías de los mismos. Por su interés, hacemos referencia de algunos en los que últimamente vienen trabajando:

LA IMPORTANCIA DE LA LABOR CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN RELACIÓN CON EL MAR Y SUS RECURSOS

José Luis Vázquez López

Presidente de ICCT

Director de la revista "INVESTIGACIÓN"

2. INVESTIGADORES ESTIMARÁN LA ABUNDANCIA DE CIGALA EN EL GOLFO DE CÁDIZ A TRAVÉS DE IMÁGENES SUBMARINAS

El lunes 6 de junio arrancó la campaña ISUNEPCA_0616 a bordo del buque oceanográfico *Ángeles Alvariño* en aguas del golfo de Cádiz.

Esta campaña, liderada por investigadores del Centro Oceanográfico de Cádiz y Málaga del Instituto Español de Oceanografía (IEO), tiene como objetivo principal estimar la abundancia de cigala a través de videos submarinos con el trineo fotogramétrico TST-HORUS y además se probará el trineo TRISION. Se estimará también la densidad de madrigueras de cigala, se delimitará la distribución

de cigala en el golfo de Cádiz y se cuantificará la densidad de la fauna acompañante. Asimismo, se realizará el análisis morfológico y de respuesta acústica del sustrato mediante la adquisición de datos batimétricos y de reflectividad.

Este estudio, que finalizó el 16 de junio, es el tercero que se lleva a cabo, después del realizado en junio de 2015 y de la campaña exploratoria ISUNEPCA_0814, desarrollada en 2014, y que sirvió para poner a punto esta nueva metodología sugerida por el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (ICES) para la estimación de la abundancia de los stocks de cigala del Atlántico noreste.

Hasta ahora, la abundancia de cigala en el golfo de Cádiz se estimaba a partir de las tendencias de la captura por unidad de esfuerzo de la flota comercial que se dirige a este recurso. Sin embargo, al ser la cigala una especie sedentaria que pasa la mayor parte de su vida dentro de madrigueras y al depender su comportamiento de entrada y salida del momento del día, la estación del año o las condiciones ambientales, entre otras variables, los datos de captura no siempre son indicativos de la abundancia de la cigala.

Es por ello que en el golfo de Cádiz comenzó a implantarse la evaluación del caladero de cigala a través de video submarino: las denominadas campañas de TV submarina.

Esta metodología comenzó a desarrollarse a finales de los 90 en Escocia y hoy en día se aplica en 18 stocks del Atlántico Noroeste.

Durante esta campaña, se muestrearán los fondos marinos en 76 puntos del golfo de Cádiz, en profundidades comprendidas entre los 200 y 700 metros, dentro del caladero de cigala. Adicionalmente, una vez finalizadas las estaciones establecidas para cumplir con el objetivo principal de la campaña, se realizarán 21 inmersiones en zonas no arrastrables que resultan de interés para conocer el estado de los fondos y la presencia de recursos comerciales.

Este proyecto lo lidera la investigadora Yolanda Vila y en la campaña participan, además de científicos y técnicos de los centros oceanográficos de Cádiz y Málaga del IEO, estudiantes en prácticas de la Universidad de Cádiz.



Figura 1. Isunepca

3. EL PLANCTON DE LAS ÁREAS CENTRALES DEL OCÉANO MUESTRA UNA RED TRÓFICA MUY HOMOGÉNEA

Un estudio realizado por investigadores del Centro Oceanográfico de A Coruña en colaboración con los Centros Oceanográficos de Gijón y Canarias del Instituto Español de Oceanografía (IEO), la Universidad de Vigo, AZTI y la Universidad de California en Santa Cruz (E.E.U.U.) analiza los patrones de variabilidad en las fuentes de nutrientes y la complejidad de la red trófica planctónica –es decir, el conjunto de relaciones alimentarias que se dan entre las especies de un ecosistema, en este caso en el plancton– a distintas escalas espaciales.

El estudio se realizó durante la circunnavegación Malaspina -2010 que recorrió las áreas centrales de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico en dos buques oceanográficos españoles: *Sarmiento de Gamboa* y *BIO Hespérides*. Se recogieron muestras de cinco clases de tamaño de plancton y se tomaron medidas ambientales como la temperatura, la salinidad y la concentración de nutrientes que se relacionaron con la biomasa y composición química del plancton. Como un indicador del origen del alimento del plancton se utilizó la medida de isótopos estables de nitrógeno, un análisis que permite conocer la procedencia de la materia orgánica que forma parte de un organismo.

A excepción del noroeste del océano Atlántico, la estructura trófica del plancton, representada por modelos estadísticos que relacionan la biomasa y los isótopos de nitrógeno con el tamaño de los organismos, mostró una baja variabilidad en las regiones analizadas.

En esta región del Atlántico, la fijación de nitrógeno atmosférico es la principal fuente de variabilidad en la estructura trófica del plancton. Los resultados obtenidos sugieren una elevada homogeneidad geográfica en la transferencia neta de nitrógeno a niveles superiores de la red trófica al considerar grandes escalas espaciales (más de 5000 km).

El análisis de los modelos de tamaño se reveló como una herramienta práctica para estimar las fuentes de nitrógeno inorgánico y su transferencia neta en la red trófica por lo que esta herramienta estadística se podrá aplicar al plancton de otras regiones.

Además, la variabilidad causada por la fijación de nitrógeno atmosférico en el Atlántico, fue objeto de un estudio más detallado empleando medidas de isótopos de nitrógeno en aminoácidos. Esta técnica permitió comprobar que el nitrógeno fijado desde la atmósfera se transmite de forma homogénea a todos los niveles de la red trófica y que este proceso tiene más importancia en todo el Atlántico subtropical de la que se estimaba en estudios previos. Además, a pesar de realizar medidas en organismos de muy distintos tamaños (entre 40µm y 5 mm), se encontró un estrecho



Figura 2. Plancton

rango de posiciones tróficas que confirman una alimentación oportunista y omnívora de la mayor parte de los consumidores planctónicos. Los resultados obtenidos con esta técnica han permitido obtener una serie de indicadores que pueden ser importantes para rastrear las contribuciones directas del plancton al nitrógeno orgánico acumulado en el océano.

Los resultados de este estudio forman parte de varios artículos y comunicaciones científicas y están incluidos en la tesis doctoral de Carmen Mompeán de la Rosa titulada "Patrones macro ecológicos de variabilidad trófica en el

plancton oceánico" y dirigida por Antonio Bode Riestra, que fue defendida con éxito en la Universidad de Murcia el día 5 de febrero de 2016. Esta tesis se realizó gracias a una beca-contrato de cuatro años en el Centro Oceanográfico de A Coruña y una estancia breve de cuatro meses en la Universidad de California en Santa Cruz (E.E.U.U.) dentro del Programa de Formación de Personal Investigador del IEO.

4. DESCUBIERTA UNA NUEVA ESPECIE DE PEZ EN LOS FONDOS DE ALGAS ROJAS DE BALEARES

Una colaboración internacional entre científicos del Centro Oceanográfico de Baleares del IEO, el Museo de Historia Natural de Rijeka (Croacia) y el Departamento de Ictiología del Bavarian State Collection of Zoology de Múnich (Alemania) ha permitido la descripción de una nueva especie íctica, que ha sido bautizada como *Speleogobiusllorisi*, en honor al ictiólogo Domingo Lloris.

Se trata de un góbido perteneciente al género *Speleogobius*, del cual solo se han descrito dos especies hasta ahora, ambas en el Mediterráneo. Su pequeño tamaño -apenas llega a los tres centímetros de longitud total en los individuos capturados



Figura 3. *Speleogobiusllorisi*

hasta ahora- y su color rojizo, hacen que la especie se mimetice bien con los fondos de algas rojas.

Todos los ejemplares de la nueva especie utilizados para su descripción se obtuvieron mediante muestreos con patín epibentónico en la costa suroeste de Mallorca, durante la campaña oceanográfica DRAGONSAL de 2014 y otros muestreos realizados en 2015, que tenían como objetivo el estudio de los fondos circalitorales blandos de la plataforma continental de la isla, entre 40 y 100 metros de profundidad.

A pesar de que esta especie no ha sido conocida hasta ahora, parece ser frecuente y relativamente abundante en las Islas Baleares, especialmente en los fondos de *Peyssonnelia* y maërl. Su descripción es importante para mejorar el conocimiento de la biodiversidad marina del Mediterráneo occidental y, en particular, de estos fondos de algas rojas, considerados hábitats esenciales para el mantenimiento de las poblaciones de peces, y en el caso del maërl hábitats sensibles, protegidos por leyes internacionales medioambientales y pesqueras.

Referencia bibliográfica: Marcelo Kovacic, Francesc Ordines and Ulrich K. Schliewen, 2016. *A new species of Speleogobius (Teleostei: Gobiidae) from the Western Mediterranean Sea*. Zootaxa 4066 (3): 301-310.

5. EL FRÍO INVIERNO DE 2005 MODIFICÓ LA CIRCULACIÓN SUPERFICIAL DEL OCÉANO EN EL ATLÁNTICO

Investigadores del Centro Oceanográfico de Gijón del Instituto Español de Oceanografía (IEO) han publicado un trabajo en la prestigiosa revista Geophysical Research Letters que revela como las aguas saladas intermedias del Atlántico Noreste han sido clave para la formación de aguas profundas en el Atlántico a mediados de la década del 2000 favoreciendo la inyección del calor previamente acumulado en las aguas superficiales hacia capas profundas del océano.

Lenta y eficazmente el océano modera la temperatura del planeta. A medida que la concentración de gases de efecto invernadero aumenta, parte de la radiación solar que debería ser devuelta al espacio se acumula en forma de calor en nuestro sistema climático. La señal más evidente de esta acumulación es el aumento de temperatura global. El destino final de este calor acumulado inicialmente en la atmósfera son las profundidades del océano donde a medida que el exceso de calor es absorbido desde la atmósfera la temperatura del océano aumenta. Algunas regiones oceánicas absorben más calor que otras, y estos procesos termodinámicos están en constante cambio.

Hasta el principio de la década del 2000, el mayor aumento de temperatura del océano se observaba en el Atlántico Norte. Sin embargo, desde mediados de la década de 2000 durante el periodo conocido como hiato en el calentamiento global, las aguas superficiales del Atlántico Norte dejaron de absorber calor, tanto que las aguas tropicales de los océanos Pacífico e Índico pasaron a ser las que mostraron mayor calentamiento y absorción de calor de la atmósfera. Mientras esto ocurría, la mayor parte del calor acumulado durante décadas en las aguas superficiales en el Atlántico se inyectó a capas más profundas.

En este cambio de régimen en el Atlántico Norte, una gran transformación de las aguas del Atlántico Noreste jugó un importante papel según el trabajo que publica el Instituto Español de Oceanografía (IEO) en la revista *Geophysical Research Letters*.

La primera parte de la transformación se produjo como resultado de la intensa mezcla invernal de las aguas del Atlántico Nordeste durante el frío invierno de 2005. Tras años de acumulación de calor y sal en superficie, la mezcla con las aguas superficiales transformó las aguas intermedias del Atlántico Noreste en una variedad más densa, salada y cálida. Las nuevas aguas, más densas, se hundieron por debajo de la superficie llevando consigo el calor y la sal absorbido durante su estancia en superficie. Esta transferencia de calor a las profundidades no fue un evento aislado durante el invierno de 2005 sino que continuó a través de la alteración de la circulación oceánica en el Atlántico Noreste.

La presencia de aguas más densas en el Atlántico Noreste habría invertido temporalmente la circulación regional hacia el sur, permitiendo el acceso de estas aguas con alto contenido en sal hacia latitudes más altas. Este suministro de aguas saladas a regiones subpolares y polares habría favorecido que el enfriamiento invernal generase aguas en superficie lo suficientemente densas como para mezclarse con las aguas del fondo, pero con valores de salinidad y temperatura más altos que los valores típicos, resultando en una inyección adicional de calor al océano profundo.

“Patrones atmosféricos anómalos como el que en 2005 inició este cambio en el Atlántico Norte, no son exclusivos de la última década”, explica Raquel Somavilla en su artículo, investigadora del IEO y primera autora del trabajo. “Aunque podrían haber sido exacerbados como consecuencia del calentamiento global”, apunta.

Este trabajo, ha sido reseñado por la prestigiosa *American Geophysical Union* (AGU) en su revista *EOS Earth & Space Science News* como artículo destacado del mes de marzo.

6. UN NUEVO SISTEMA DE PREDICCIÓN PERMITE IDENTIFICAR LA DISTRIBUCIÓN DE LAS ZONAS DE REPRODUCCIÓN DEL ATÚN ROJO

Un equipo internacional de investigadores, liderados por el SOCIB y el IEO y compuesto por expertos en ecología de túnidos, conservación de especies amenazadas y oceanografía operacional, ha conseguido desarrollar un sistema de predicción de la localización de las zonas de puesta del atún rojo del Atlántico (*Thunnus thynnus*) en el mar Balear, una de las zonas de reproducción más importante para esta especie.

La metodología desarrollada permite predecir y analizar dónde se reproduce el atún rojo y evaluar la calidad de esas predicciones. El sistema utiliza datos oceanográficos, obtenidos a partir de modelos hidrodinámicos que dan información de la circulación del océano, y datos obtenidos en tiempo real por satélites de observación ambiental.

Este sistema de predicción está permitiendo mejorar las técnicas actuales que se emplean para la evaluación del estado de la población que se reproduce en estas aguas y abre nuevas vías para la gestión de especies marinas amenazadas que realizan grandes migraciones para reproducirse en esta zona geográfica.

Este trabajo es uno de los resultados más relevantes del proyecto *Bluefin Tuna*, un proyecto impulsado por el Sistema de Observación Costero de las Islas Baleares (SOCIB) y el Instituto Español de Oceanografía (IEO) para avanzar en la aplicación de la oceanografía operacional en la conservación del atún rojo y otras especies afines. Este trabajo se ha



Figura 4. Atún

desarrollado en colaboración con el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (UIB-CSIC) y el *College of Earth, Ocean and Atmospheric Sciences* (CEOAS) de la Universidad de Oregón.

Referencia bibliográfica: Diego Alvarez-Berastegui, Manuel Hidalgo, María Pilar Tugores, Patricia Reglero, Alberto Aparicio-González, Lorenzo Ciannelli, Mélanie Juza, Baptiste Mourre, Ananda Pascual, José Luis López-Jurado, Alberto García, José María Rodríguez, Joaquín Tintoré, and Francisco Alemany. *Pelagic seascape ecology for operational fisheries oceanography: modelling and predicting spawning distribution of Atlantic bluefin tuna in Western Mediterranean*. ICES Journal of Marine Science. doi:10.1093/icesjms/fsw041

7. EL IEO EVALÚA EL TAMAÑO DE LAS POBLACIONES DE CABALLA Y JUREL EN EL GOLFO DE VIZCAYA Y GALICIA

Investigadores de los Centros Oceanográficos de Vigo, Santander, Coruña, Baleares, Málaga, Madrid y Cádiz del Instituto Español de Oceanografía (IEO) están llevando a cabo dos campañas oceanográficas durante marzo-abril para recopilar la información que permitirá estimar la biomasa de las poblaciones de caballa y jurel en el Atlántico norte. Estas campañas son parte de una iniciativa coordinada internacionalmente con la mayoría de los países de la fachada atlántica europea para llevar a cabo el que supone uno de los mayores esfuerzos de muestreo en la evaluación de recursos pesqueros en Europa.

Cada tres años, la mayoría de los países de la fachada atlántica europea lleva a cabo el que sin duda es el esfuerzo de muestreo más intenso y coordinado de campañas oceanográficas para la evaluación de los recursos pesqueros. Se trata de las campañas para la estimación, por el método de producción de huevos, del tamaño de las poblaciones de caballa y jurel.

Ambas especies tienen en común su amplia distribución, que abarca las costas atlánticas de todos los países de Europa, y una dinámica de migraciones tan amplia como compleja. Por ello, la evaluación de estos recursos se lleva a cabo de forma coordinada entre todos los países implicados.

Estas campañas, de carácter trienal, estiman la biomasa de caballa y jurel a través del método de producción de huevos. Esta metodología implica la estimación de la producción total de huevos de estas especies, a través de un muestreo

intenso en todo el Atlántico Nororiental durante su período de puesta. La producción total de huevos está relacionada con la biomasa del stock reproductor permitiendo así obtener una estima del tamaño de la población.

Estas campañas, un total del 20, están coordinadas internacionalmente y comenzaron en enero, teniendo previsto finalizar en el mes de agosto. El Instituto Español de Oceanografía participa en esta iniciativa internacional con las campañas CAREVA y JUREVA, que están teniendo lugar entre los meses de marzo y abril. Ambas campañas comparten igual diseño de muestreo y cobertura espacial, y se desarrollarán desde la parte sur del golfo de Vizcaya, desde el 46°N, al norte de la desembocadura del Garona, y la frontera entre España y Portugal, en la desembocadura del Miño. En un total de 137 estaciones se realizarán arrastres en oblicuo desde una profundidad máxima de 200 m hasta la superficie con una red especial para la captura de huevos de esas especies.

Además, en cada estación se recogerá información oceanográfica que permitirá caracterizar la columna de agua (en especial: temperatura, salinidad o concentración de oxígeno), imprescindible para conocer las condiciones y tiempo de desarrollo embrionario de esos huevos. Complementariamente se llevarán a cabo arrastres pelágicos para determinar los parámetros reproductivos de las hembras que permitirán estimar la biomasa total de adultos.

Las campañas se llevarán a cabo a bordo del buque de la Secretaría General de Pesca *Vizconde de Eza* y participará un equipo multidisciplinar del IEO compuesto por 12 personas, liderado por los investigadores Isabel Riveiro y Pablo Carrera, ambos del Centro Oceanográfico de Vigo. La primera de ellas, CAREVA, se inició el pasado lunes 7 de marzo en Santander y tiene previsto finalizar el día 1 de abril en Vigo, puerto del que partirá la segunda de ellas, JUREVA, el próximo 9 de abril, finalizando en el mismo puerto el día 1 de mayo.



Figura 5. Careva

La campaña PELACUS

Desde el pasado 12 de marzo, se lleva a cabo también la campaña PELACUS 0316, que se coordina con las campañas CAREVA-JUREVA y que prospectará la plataforma continental desde la frontera con Portugal a la frontera con Francia.

PELACUS se realiza a bordo del buque oceanográfico *Miguel Oliver*, también de la Secretaría General de Pesca, y finalizará el 16 de abril en el puerto de Santander.

Su objetivo es el estudio integrado y multidisciplinar del ecosistema pelágico, desde la composición y estructura de tamaños del plancton, que constituye la base de este ecosistema, hasta la distribución y abundancia de peces pelágicos, como sardina o anchoa, y de sus depredadores, incluyendo mamíferos y aves marinas.

8. COMIENZA LA CAMPAÑA FLEMISH CAP EN EL BANCO DE TERRANOVA

Con la finalización de la campaña Platuxa 2016, el martes 21 de junio, tras el cambio de parte de la tripulación científica, comienza la campaña Flemish Cap, realizada también en

el buque *Vizconde de Eza* en aguas de Terranova, con una duración de 36 días.

Junto a Platuxa y Fletán 3L, Flemish Cap es una de las tres campañas de investigación pesquera que el Departamento de Pesquerías Lejanas del Instituto Español de Oceanografía (IEO) realiza en la actualidad cada verano en los bancos de Terranova (Divisiones 3NO, 3M y 3L de NAFO), fuera de aguas canadienses.

Las tres campañas son diseñadas como una prospección aleatoria estratificada de pescas de arrastre de fondo, de media hora de duración durante el día y hasta 1450 metros de profundidad. Su objetivo principal es estimar la abundancia de las poblaciones de peces demersales e invertebrados de interés comercial mediante índices que puedan ser utilizados en las evaluaciones de los distintos stocks considerados en el Consejo Científico de la NAFO. Estos índices se complementan con estudios acerca de la estructura espacial y demográfica de las poblaciones más importantes explotadas por la flota española (fletán negro, granadero, bacalao, platija americana, gallinetas y camarón): crecimiento, biología reproductiva, estudio de las redes tróficas y las condiciones oceanográficas en el banco.



Figura 6. Flemishcap



Figura 7. Foto cedida por el IEO

Si bien, estas tres campañas, realizadas una a continuación de la otra y con una duración aproximada de un mes cada una, son similares en cuanto al barco utilizado, metodología y objetivos, presentan peculiaridades que las diferencian e individualizan. A diferencia de las otras dos campañas, Flemish Cap es un banco aislado de la plataforma costera americana, separado del Gran Banco de Terranova por el Flemish Pass, zona con profundidades superiores a los mil metros, que limitan la migración de muchas especies, en particular aquellas que viven en las zonas menos profundas y que le confieren unas características diferenciadoras del resto del Gran Banco de Terranova.

9. LOS IMPACTOS HUMANOS CONDICIONAN MÁS LA DISTRIBUCIÓN Y DENSIDAD DE LA NACRA QUE LOS FACTORES AMBIENTALES

Investigadoras del Centro Oceanográfico de Baleares del Instituto Español de Oceanografía (IEO) han publicado

recientemente un trabajo que compara las contribuciones de los factores ambientales y los impactos humanos a la distribución y abundancia de la nacra, un bivalvo endémico del Mediterráneo catalogado como vulnerable.

La degradación costera y la fragmentación del hábitat ponen en peligro la conservación de especies marinas, especialmente de aquellas que viven fijadas al fondo. La nacra, *Pinna nobilis*, es una especie endémica del Mar Mediterráneo y protegida con la categoría de vulnerable en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, pero a pesar de su protección, sus poblaciones se encuentran en declive.

Este nuevo estudio parte de los resultados obtenidos tras tres años de investigación en el marco del proyecto “*Estado de conservación del bivalvo amenazado Pinna nobilis en el Parque Nacional de Cabrera*” (de acrónimo PINNA), impulsado por el Organismo Autónomo Parques Nacionales del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y dirigido por la investigadora del IEO Salud Deudero.



Figura 8. PinnaPlosOne

En el proyecto se han evaluado las poblaciones de nacra presentes en el Parque Nacional de Cabrera, así como en todo el archipiélago Balear.

A través del uso de modelos, se ha analizado la contribución de los factores ambientales (profundidad, altura de ola, altura máxima de ola, periodo y dirección media) frente a los de origen humano (fondeo de embarcaciones, nivel de protección, vertidos, pesca y buceo) como variables que explican la distribución y abundancia de este bivalvo.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que los impactos humanos explican la mayor parte de la variabilidad detectada en la distribución de densidad de nacra en las Islas Baleares, ya que afectan de manera significativa a sus poblaciones. Los sitios no protegidos con alta carga de fondeo por embarcaciones recreativas son los que muestran mayor

disminución en las densidades de nacra. Sin embargo, las variables ambientales se encuentran en un segundo plano indicando que los procesos de cambio global no son tan relevantes para las comunidades bentónicas como los de origen humano.

“El presente estudio podría servir como base a la hora de establecer estándares dentro de los seguimientos de *Pinna nobilis* en Lugares de Importancia Comunitaria (LICs-ZEC) marinos mediterráneos incluidos en la Red Natura 2000”, destaca Salud Deudero.

Referencia bibliográfica: Salud Deudero, Maite Vázquez-Luis, Alvarez E. (2015). *Human stressors are driving coastal benthic long-lived sessile Pinna nobilis population structure more than environmental stressors*. PLoS ONE 10 (7): e0134530. doi:10.1371/journal.pone.0134530, 1-14.

10. CAMPAÑA PARA EL ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS AGUAS DEL GOLFO DE CÁDIZ



Figura 9. Stoca

El viernes 17 de junio de 2016 arrancó la campaña oceanográfica STOCAL 1606 a bordo del buque *Ángeles Alvariño*, en la que científicos del Instituto Español de Oceanografía (IEO), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad de Cádiz (UCA) estudiarán las propiedades físicas, químicas y biológicas de las aguas del golfo de Cádiz, así como las emisiones de gases en algunos volcanes de fango de sus fondos marinos.

Esta campaña engloba actividades de varios proyectos de investigación. Por un lado, en el ámbito del proyecto Series Temporales de datos Oceanográficos en el golfo de Cádiz (STOCA), se continuará con muestreo sistemático de variables biológicas, químicas y físicas en 34 estaciones fijas agrupadas en cinco radiales perpendiculares a la costa a las que se suman ocho estaciones más interradales, distribuidas a lo largo del golfo de Cádiz. Este programa de monitorización, liderado por el IEO en colaboración con la UCA desde 2009, tiene como objetivos observar, describir y analizar el campo biológico, químico y físico necesarios para, entre otros, caracterizar y comprender las causas de la variabilidad oceánica a escalas estacionales, interanuales y decadales.

Por otra parte, en el marco del proyecto OCAL (Oceanografía Integrada del Golfo de Cádiz en un escenario de Cambio Global), proyecto coordinado entre la UCA, el IEO y el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN) del CSIC, se estudiarán los ciclos biogeoquímicos del carbono, nitrógeno, fósforo y metales traza su relación con la estructura y red trófica de las comunidades del plancton y la influencia de los ríos Guadiana, Tinto, Odiel y Guadalquivir en estos compuestos.

Por último, al amparo del Campus de Excelencia Internacional del Mar (CEI-MAR) y en virtud del convenio de colaboración establecido entre IEO, ICMAN y UCA, en esta campaña incluyen actividades de campo del Máster de Oceanografía de la Universidad de Cádiz.

La campaña está liderada por Ricardo Sánchez, investigador del Centro Oceanográfico de Cádiz del IEO, y finalizó el 26 de junio con la llegada al puerto de Cádiz.

11. INVESTIGADORES DEL IEO PARTICIPAN EN EL MAYOR PROYECTO DE INVESTIGACIÓN HASTA LA FECHA PARA EL ESTUDIO DE LOS ECOSISTEMAS PROFUNDOS ATLÁNTICOS

El Programa Marco de la Comisión Europea Horizonte 2020 aprobó en noviembre del pasado año 2015 el proyecto ATLAS, el que será el mayor y más ambicioso proyecto de

investigación emprendido hasta la fecha para el estudio de los ecosistemas profundos atlánticos.

ATLAS (acrónimo de A trans-Atlantic assessment and deep-sea ecosystem-based spatial management plan for Europe) celebró su reunión inicial del 13 al 15 de junio en la ciudad escocesa de Edimburgo.

Este proyecto, con una financiación total de 9 millones de euros, incluirá la realización de al menos 25 campañas oceanográficas en las que participarán unos 100 investigadores de diez países europeos, Estados Unidos y Canadá, que trabajarán de forma coordinada para explorar las profundidades del Atlántico durante los próximos cuatro años.

“El Atlántico norte fue el lugar donde nació el estudio de la biología del mar profundo, y la cuna de la oceanografía”, explica el coordinador del proyecto, el profesor J. Murray Roberts de la Universidad escocesa Heriot-Watt. “Es el lugar que mejor deberíamos conocer, pero ha sido en los últimos 20 años que las investigaciones desarrolladas en el Atlántico han desvelado cuán variados y vulnerables son los hábitats profundos atlánticos”, añade.

Por parte del IEO, participan 15 investigadores los centros de Baleares, Canarias, A Coruña, Madrid, Málaga y Vigo, coordinados por la investigadora Covadonga Orejas.

ATLAS tiene como objetivo principal mejorar nuestro conocimiento y comprensión de la complejidad de los ecosistemas profundos con el fin de contribuir a una predicción más certera de los futuros cambios y la vulnerabilidad de dichos ecosistemas y las especies asociadas a los mismos, incluyendo aquellas que se descubrirán en el marco del proyecto. Para alcanzar este objetivo es imprescindible contar con un equipo multidisciplinar de investigadores y un enfoque integrado para abordar el estudio de estos ecosistemas. Junto a enfoques tradicionales, los investigadores de ATLAS explorarán la aplicación de las técnicas moleculares, como por ejemplo la secuenciación del ADN ambiental (eDNA), con el fin de buscar en el agua y el sedimento la presencia de nuevas especies todavía no descubiertas para la ciencia.

Además del desarrollo de una investigación pionera y del descubrimiento de nuevos hábitats y especies, otro objetivo de ATLAS es generar conocimiento científico que sirva como base para desarrollar estrategias de gestión a nivel internacional que aseguren la preservación y gestión sostenible y efectiva de los recursos del Atlántico profundo. Ello constituirá una contribución a la estrategia a largo plazo de la Unión Europea llamada “crecimiento azul” (“Blue Growth”), para contribuir a un crecimiento sostenible de los sectores marinos y marítimos como un todo. Mares y océanos son importantes motores

de la economía europea y cuentan con un gran potencial de innovación y crecimiento. La llamada “economía azul” (“blue economy”) representa aproximadamente 5.4 millones de puestos de trabajo y genera un valor bruto añadido de aproximadamente 500 billones de euros al año para Europa.

ATLAS también llevará a cabo diversas actividades de divulgación, con el fin de concienciar a la sociedad sobre la importancia y la vulnerabilidad de los ecosistemas atlánticos y los impactos que las actividades humanas están teniendo en los ambientes oceánicos. Las actividades programadas incluyen el desarrollo de material educativo sobre el mar profundo y una exposición interactiva que se construirá en las instalaciones de *DynamicEarth*, un centro de divulgación científica que se encuentra en Edimburgo y recibe más de 220.000 visitantes al año.

ATLAS ya está despertando el interés de los medios de información y del público en general, y ha sido presentado por la BBC en su emisión matinal “Desayunos” el día 17 de junio del 2016. El reportaje puede visualizarse en el siguiente vínculo:

http://www.bbc.com/news/video_and_audio/headlines/36532758

12. INVESTIGADORES ESTUDIAN LOS RECURSOS PESQUEROS DEL GRAN BANCO DE TERRANOVA

El lunes 23 de mayo, investigadores del Instituto Español de Oceanografía (IEO) salieron del puerto de Vigo a bordo del buque oceanográfico *Vizconde de Eza*, perteneciente a la Secretaría General de Pesca, con rumbo al Gran Banco de Terranova.

Durante tres meses llevan a cabo las campañas anuales de investigación pesquera denominadas Platuxa, Flemish Cap y Fletán Negro 3L.

Estas campañas, organizadas y dirigidas por investigadores del Programa de Pesquerías Lejanas del Centro Oceanográfico de Vigo del IEO, investigan la llamada Área de Regulación de la NAFO 3MLNO, que incluye parte de las aguas internacionales adyacentes a la Zona Económica Exclusiva de Canadá.

Este año se realiza la vigésimo segunda edición de la campaña Platuxa, liderada por la investigadora Elena Guijarro.

La campaña cuenta con un equipo compuesto por seis investigadores y técnicos del IEO, ocho observadores

científicos, y los 21 miembros de la tripulación del *Vizconde de Eza*.

Las campañas de prospección pesquera son el primer paso de un largo proceso que involucra a muchos profesionales y tiene como fin último intentar que el pescado que llega a nuestros platos proceda de una pesquería sostenible. Durante las campañas se obtiene la información biológica necesaria para obtener información demográfica de las poblaciones de especies de interés para la flota española, tales como el bacalao, fletán negro, camarón (en moratoria en la actualidad), gallinetas, limanda, platija, mendo, granaderos y rayas entre otros.

Con este fin, se realizarán pescas estandarizadas de 30 minutos de duración, identificando todas las especies presentes en la captura y registrándose los datos de talla, sexo, peso y estado de madurez sexual de las especies de interés comercial. Además, se conservan muestras de otolitos para estudios de crecimiento, que son procesadas al finalizar la campaña y que permiten conocer datos básicos para utilizar en las evaluaciones analíticas de los stocks, como la edad de los peces.

Toda esta información es indispensable para la evaluación de los recursos pesqueros de la zona, especialmente aquellos que están bajo moratoria y para los que no hay información procedente de la pesca comercial. Este año además se harán muestreos de contenidos estomacales de una amplia selección de especies, con el fin de investigar las relaciones tróficas en la cola del Gran Banco.

Asimismo, se identificarán y pesarán todas las especies de invertebrados bentónicos, con el fin de disponer de información básica de cara a la gestión de las pesquerías basada en el ecosistema. Por último, en todas las estaciones de muestreo se obtiene un perfil hidrográfico con una sonda de profundidad, temperatura y conductividad, para conocerlas condiciones ambientales de las pescas.

Todos estos datos se analizan en los meses posteriores a la campaña por diversos profesionales, y parte de la información obtenida se presenta en la reunión anual del Consejo Científico de NAFO que evalúa los recursos pesqueros en el Gran Banco de Terranova.

La campaña Platuxa comenzó en 1995 como una iniciativa de la administración española y, desde el 2002, está financiada por la UE dentro del FEMP a través del PNDB (Programa Nacional de Recopilación, Gestión y Uso de los Datos Pesqueros).

13. UN PROYECTO ESTUDIARÁ LAS PROPIEDADES DE LAS AGUAS PROFUNDAS DEL MEDITERRÁNEO Y SU RELACIÓN CON EL CLIMA

Investigadores del Centro Oceanográfico de Baleares liderarán un nuevo proyecto, que servirá para estudiar las aguas profundas del Mediterráneo Occidental, concretamente una anomalía de la temperatura y la salinidad que se creó tras el duro invierno de 2005 y que aún hoy influye en la circulación del océano y el clima.

Durante el severo invierno del 2004-2005, en el que se produjeron cinco episodios de entrada de vientos de procedencia Ártica y Siberiana con importantes nevadas en todo el Mediterráneo Occidental, científicos del IEO detectaron la aparición de una anomalía en la temperatura y salinidad de las aguas profundas de esta zona.

Esta nueva estructura afecta ahora a toda la cuenca occidental del Mediterráneo. En 2009, durante la reunión de la Comisión Internacional para el Estudio Científico del Mediterráneo (CIESM) en Malta, se propuso denominar a este fenómeno "Western Mediterranean Transition" (WMT), tomando como ejemplo la anomalía que se había observado anteriormente en la cuenca oriental, la "Eastern Mediterranean Transient" (EMT).

El Mediterráneo es para el océano una fuente continua de agua intermedia salina y cálida (*Mediterranean Outflow Water*, MOW), que juega un papel muy importante en los procesos de formación de agua profunda en el Atlántico norte y, por tanto, en la circulación del océano global. A su vez, se ha demostrado que los fenómenos hidrográficos que generan masas de agua profunda afectan a procesos biológicos y, por tanto, a los recursos marinos vivos y su explotación.

No hay acuerdo sobre la importancia relativa de los diferentes mecanismos de formación de agua profunda que han contribuido a este fenómeno. Sin embargo, sí parece evidente que las anomalías observadas, tanto en la cuenca oriental como la occidental del Mediterráneo, son el resultado de factores como el incremento de la salinidad en el Mediterráneo, probablemente inducidos por oscilaciones climáticas e, indirectamente, por el cambio climático.

El IEO, que viene siguiendo la evolución de esta anomalía desde que se detectara, lidera ahora un nuevo proyecto que permitirá continuar con el estudio de esta estructura y de su relación con las oscilaciones del clima.

Por ese motivo, del 27 al 28 de enero se celebró en la sede del Centro Oceanográfico de Baleares del Instituto Español de Oceanografía (IEO) la primera reunión para coordinar el comienzo de este proyecto denominado ATHAPOC en la que participaron la práctica totalidad de los integrantes del proyecto que comprende a investigadores de diversos centros del IEO, CSIC, universidades de Málaga y Barcelona y AEMET.

El proyecto "*Estudio de la anomalía termohalina en las aguas profundas del Mediterráneo Occidental y su relación con las oscilaciones climáticas*", de acrónimo ATHAPOC, pretende estudiar la anomalía termohalina en las aguas profundas del Mediterráneo Occidental y su relación con las oscilaciones climáticas. Está financiado por el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016 del Ministerio de Economía y Competitividad y se desarrollará durante cuatro años (2016-2018) dirigido por la investigadora del Centro Oceanográfico de Baleares, Rosa Balbín.

14. UN ESTUDIO ESTABLECE LAS BASES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS PARA EL DESARROLLO A ESCALA COMERCIAL DEL CULTIVO DE LAS ALGAS LAMINARIAS EN ESPAÑA

- Las laminarias son grandes algas marinas que presentan un alto valor económico y ambiental por su amplia variedad de usos y aplicaciones industriales

Investigadores del Instituto Español de Oceanografía (IEO), la Universidad de Girona y la Universidad Rey Juan Carlos han publicado un estudio de revisión que sienta las bases científicas y técnicas necesarias para el desarrollo a escala comercial de la acuicultura marina de las grandes algas conocidas como laminarias.

Este estudio, publicado en la revista *Algal Research*, concretamente se describen las técnicas más adecuadas para la maricultura a escala comercial de *Undariapinnatifida* (wakame) y *Saccharinalatissima* (kombu de azúcar) en el norte de España.

Por una parte, se ha analizado la importancia de la ubicación del cultivo de las laminarias, evaluando como el régimen hidrodinámico y otros factores ambientales puede afectar a la producción y calidad de la cosecha.



Figura 10. Cultivo laminaria

Se ha determinado también la mejor época de plantación y de cosecha para ambas especies y se ha establecido un cronograma de cultivo adecuado para la costa atlántica del norte España.

Además, se ensayaron diferentes métodos de cultivo tradicionales utilizados para estas especies y otras similares en Asia y se valoró su utilidad en aguas europeas.

La importancia de las laminarias

Estas macroalgas se utilizan para consumo humano directo desde tiempos ancestrales en Asia, donde son muy valoradas

y apreciadas, y más recientemente en Europa, al presentar estos vegetales marinos unas excelentes propiedades nutricionales y gastronómicas.

Las laminarias son además una materia prima que se utiliza mundialmente para la extracción de alginatos, unos polisacáridos complejos que tiene un amplio uso comercial por sus propiedades gelificantes, espesantes y estabilizantes. Su empleo es fundamental en la industria textil, alimentaria, farmacéutica y papelera, entre otras muchas, al no existir un equivalente sintético.

Otros aprovechamientos de estas macroalgas son su uso como fertilizante y abono orgánico para la agricultura y en



Foto: Experiencias de cultivo a escala comercial de la laminaria nativa *Saccharinalatissima* (kombu de azúcar) en las costas atlánticas del norte de España. Su maricultura es plenamente viable por los altos valores de producción obtenidos (16 kg peso húmedo por metro lineal de cultivo) y las numerosas e importantes aplicaciones industriales que tiene esta especie. El IEO actualmente dispone de la tecnología y conocimientos necesarios para el desarrollo del cultivo integral de laminarias que incluyen tanto la producción de plántulas ("semilla") en laboratorio a partir de su banco de germoplasma como su maricultura comercial.

piensos para alimentación animal. También se utiliza como forraje en el cultivo comercial de herbívoros marinos como el erizo y oreja de mar.

Además, las laminarias han despertado recientemente un gran interés como una fuente de biomasa para la producción de bioetanol como biocarburante al contener un alto contenido de polisacáridos.

Por otro lado, las algas laminarias se consideran básicas para el desarrollo de una acuicultura más sostenible de animales como el mejillón y peces, porque su cultivo en sistemas de policultivo integrado con estas especies, reducen significativamente la descarga de nutrientes inorgánicos al medio marino. Esta asociación de organismos de niveles tróficos diferentes en un cultivo se conoce como acuicultura multitrofica integrada, que está siendo promovida por la actual estrategia europea de acuicultura.

El contenido de este estudio forma parte de la discusión de la tesis doctoral del investigador César Peteiro del Centro Oceanográfico de Santander del IEO que ha sido defendida recientemente en la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid. Esta tesis, titulada “*Open-sea cultivation of commercialkelps in the Atlantic coast of southern Europe*”, se presentó como un compendio de las investigaciones de seis artículos científicos internacionales que han sido publicados todos en revistas internacionales de impacto.

Referencia:

Peteiro, C., N. Sánchez y B. Martínez. 2016. Mariculture of the Asian kelp *Undariapinnatifida* and the native kelp *Saccharinalattissima* along the Atlantic coast of southern Europe: An overview. *Algal Research* 15: 9–23. doi:10.1016/j.algal.2016.01.012.

15. VARIACIONES DEL ZOOPLANCTON EN LA PLATAFORMA GALLEGA DURANTE 17 AÑOS

Las condiciones meteorológicas y climáticas controlan la abundancia y distribución de estas especies

Investigadores del Instituto Español de Oceanografía (IEO) han publicado un trabajo en la revista *Journal of Plankton Research* en el que analizan la dinámica estacional de la abundancia y composición del zooplancton y su relación con los factores meteorológicos y climáticos en la plataforma noroeste de la Península Ibérica.

Para el estudio, se recogieron mensualmente muestras de zooplancton desde 1995 hasta 2011 en dos lugares situados dentro y fuera de la ría de Vigo.

La abundancia total de zooplancton variaba cada año, sin embargo, se apreció un ciclo con valores máximos entre finales de primavera y principios de otoño.

A largo plazo, la serie temporal de abundancia total de zooplancton presentó tres periodos diferentes: De 1995 a 2001, que se caracterizó por una baja abundancia y estacionalidad de baja amplitud con un aumento escalonado hacia 2001; de 2001 a 2006, con una alta abundancia y una marcada estacionalidad; y de 2006 a 2010, con una abundancia intermedia y la mayor amplitud del ciclo estacional.

Los grupos taxonómicos más comunes mostraron similares patrones estacionales a largo plazo y el análisis de componentes principales reveló un cambio en la dinámica del zooplancton desde el año 2001 que afectó a los promedios anuales y a la estacionalidad de todos los taxones.

Los cambios observados en la dinámica del zooplancton estuvieron de acuerdo con las tendencias sostenidas para la intensidad del afloramiento (en aumento), precipitación (decreciente) y las variaciones en la intensidad de la corriente del Golfo entre 2000 y 2005.

Entre los resultados destaca la importancia de la hidrodinámica, impulsada por las condiciones meteorológicas y climáticas, en el control de la abundancia de zooplancton.



Figura 11. Zooplancton ría

16. BUQUE OCEANOGRÁFICO "CORNIDE DE SAAVEDRA":

Tengo que finalizar este reportaje, informando de la noticia del final de la vida activa del buque oceanográfico "*Cornide de Saavedra*", ese buque que los que lo conocimos siempre lo hemos admirado y considerado como un gran medio para la ciencia oceanográfica, y el buque insignia del Instituto Español de Oceanografía, y que después de décadas de trabajo a su servicio y al de toda la comunidad científica marina española, llega a su fin con más de 40 años de actividad. Fue en su momento el buque de mayores dimensiones, y el mejor equipado del país, con una gran capacidad multidisciplinar que, además, hasta su último año de actividad ha sido también una plataforma de formación, en la que han participado prácticamente toda la comunidad oceanográfica nacional. Este buque, fue considerado además como Infraestructura Científica y Técnica Singular (ICTS) desde 1995 y ha desarrollado en promedio más de 200 días al año de campaña sin contar tránsitos.

En septiembre de 2013, dejó de prestar actividad de forma continuada en campañas oceanográficas, que se han ido

trasladando a otros buques. En septiembre de 2014 desarrolló su última actividad, que tuvo como objetivo la intercalibración con otros buques en el contexto del programa DEMERSALES.

El día 15 de junio de 2016, ha tenido lugar en Marín (Pontevedra), un acto de homenaje a este buque que está en proceso avanzado de subasta pública y, antes de entregarlo a su nuevo propietario, el IEO ha querido llevar a cabo este homenaje.

Durante el emotivo acto con el "*Cornide de Saavedra*" en lugar próximo del puerto, el coordinador de la Flota del IEO, José Ignacio Díaz, la Directora del Centro Oceanográfico de Vigo del IEO, Victoria Besada, el investigador Javier Pereiro, uno de los capitanes del buque, Ernesto Fernández, y el Director del IEO, Eduardo Balguerías, destacaron la importancia del "*Cornide de Saavedra*" para la investigación y la formación de científicos marinos en las últimas décadas.

Siempre podemos pedir deseos, y en este caso, sería el poder conservar este buque por su historia y además como primer buque oceanográfico con el que contó España.

• Fotos cedidas por el IEO



Homenaje Coornide Saavedra



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE ECONOMÍA
EMPREGO E INDUSTRIA



CCT
INSTITUTO CULTURA CIENCIA Y TECNOLOGIA