

INVESTIGACION

CULTURA CIENCIA Y TECNOLOGIA



VOLUMEN 10

Nº 20

2018

INVESTIGACIÓN

CULTURA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Revista Nº 20
VOLUMEN 10 2018

Director

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

Dirección Creativa e innovación

María del Mar Vázquez Jiménez
mariadelmarvj@gmail.com

ISSN: 1889 - 4399

DEPÓSITO LEGAL:
VG - 347 2009

Consejo de Redacción

Francisco Javier Rodríguez Berrocal
Almudena Fernández Brieria
José Luis Vázquez López

Comité Científico

Jesús Souza Troncoso
José Luis Legido Soto
Juan Manuel Vieites Baptista de Sousa
María Victoria Besada Montenegro
Francisco Javier Rodríguez Berrocal
Almudena Fernández Brieria
Ángel Tomás Camacho García

Secretaría y Departamento de divulgación

Raquel María Vázquez

Revista adscrita al

INSTITUTO DE CULTURA,
CIENCIA Y TECNOLOGÍA (ICCT)
www.institutociencia.es

Patrocina



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE ECONOMÍA,
EMPREGO E INDUSTRIA



INSTITUTO CULTURA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

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, LABORATORIOS Y UNIVERSIDADES INTERESADOS EN REMITIR ARTÍCULOS, PREVIAMENTE DEBERÁN CONTACTAR CON NUESTRO DEPARTAMENTO DE REDACCIÓN PARA RECIBIR INSTRUCCIONES: investigacion@galicia.com



sumario

VOLUMEN 10 N° 20 2018

6 Editorial
INSTITUTO DE ESTUDIOS GALLEGOS PADRE SARMIENTO
Eduardo Pardo de Guevara y Valdés
*Director del Instituto de Estudios Gallegos Padre Sarmiento
Delegado Institucional del CSIC en Galicia. Santiago de Compostela*

8 Sanidad animal
ESTUDIO DE EPIZOOTIAS Y ZONOSIS EN ANIMALES DOMÉSTICOS
Novoa-López, Noelia; Pastor-Herranz, Ignacio Fco.; Arias-Fernández, Cristina; Mato-López, Lucia
Laboratorio de Parasitología. Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud. Facultad de Biología. Universidad de Vigo

13 Microscopio de Leeuwenhoek.
EL EXCEPCIONAL HALLAZGO DEL MICROSCOPIO DE ANTONY VAN LEEUWENHOEK.
Camacho-García, Tomás¹; Pallás-Pallás, Estrella².
*1. Médico especialista en análisis clínicos. Laboratorio Vithas lab.
2. Médico especialista en otorrinolaringología y medicina del trabajo. Hospital Álvaro Cunqueiro (Vigo).*

20 Sostenibilidad pesquera
EL PROYECTO LIFE iSEAS. SOLUCIONES INNOVADORAS PARA LA REDUCCIÓN Y GESTIÓN DE RESÍDUOS PESQUEROS
Abad-Vidal, Emilio; Landeira-Vega, Francisco; Ovale-Macias, Juan Carlos.
Fundación Pública Gallega. Centro Tecnológico de Supercomputación de Galicia (CESGA)

28 Biotecnología ambiental
¿DEBEMOS PREOCUPARNOS POR LA PRESENCIA DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS EN LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES?
Fernández-González, Nuria; Carballo-Costa, María Nieves; Carballa, Marta; Lema, Juan Manuel.
*Departamento de Ingeniería Química. Escuela Técnica Superior de Ingeniería.
Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela-España*

36 Farmacia comunitaria
INVESTIGACIÓN, CULTURA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA COMO CARACTERÍSTICAS DE LA FORMULACIÓN MAGISTRAL EN LA FARMACIA COMUNITARIA
Álvarez-Soaje, Miguel.
Farmacéutico comunitario. Doctor en Historia de la Ciencia. Experto en formulación de Medicamentos individualizados (USJ)

43 Arqueología en Brasil
REVES CONSIDERACIONES ACERCA DE LA PRÁCTICA DE LA ARQUEOLOGÍA EN EL ESCENARIO BRASILEÑO: LA ARQUEOLOGÍA PREVENTIVA Y ALGUNAS CONTRIBUCIONES
Souza-Troncoso, Lucas de Paula.
*Arqueólogo empresa Zanettini Arqueología.
Máster en Arqueología. Doctorando del Programa de Postgrado en Arqueología del Museo de Arqueología y Etnología de la Universidad de SÃO PAULO.*

50 Peces cartilaginosos
TIBURONES PRESENTES EN LAS AGUAS DE GALICIA: NOTAS SOBRE IDENTIFICACIÓN, ESTATUS Y CONSERVACIÓN (1ª PARTE)
Mucientes, Gonzalo^{1, 2, 3}; Maño, Toño^{2, 3}
*1. Research Centre in Biodiversity and Genetic Resources (CIBIO-InBIO). Universidade de Porto - Portugal
2. Asociación Ecoloxía Azul - Blue Ecology (BEC)
3. Grupo de Estudio do Medio Mariño (GEMM)*

61 Derecho agrario
LA CUESTIÓN AGRARIA EN GALICIA HOY: LA REFORMA DE ESTRUCTURAS A TRAVÉS DE LA LEY
Franco García, José María
*Prof. Titular Jefe de Cátedra. Facultad Ciencias Jurídicas y Políticas de la Universidad de Los Andes. Mérida
Vocal del Consejo Social Universidad de Vigo*

editorial

INSTITUTO DE ESTUDIOS GALLEGOS PADRE SARMIENTO

Como en su día tuve oportunidad de comentar desde estas mismas páginas, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que es el mayor y más importante organismo público de investigación de España y uno de los primeros de Europa, celebró hace apenas cuatro años el 75 aniversario de su constitución. Se comprende muy bien, por ello, que esta efeméride esté dando paso a nuevas celebraciones de carácter más específico entre un pequeño número de los casi ciento treinta centros de investigación que forman parte del mismo. Ocurre así, efectivamente, en el caso de uno de los más antiguos de los que tienen asiento en Galicia; me refiero al Instituto de Estudios Gallegos Padre Sarmiento, que tengo el honor de dirigir, pues fue creado en los últimos meses de 1943 para dar continuidad al célebre Seminario de Estudios Gallegos, cuya trayectoria había quedado definitivamente interrumpida dos años antes.

El nuevo centro, creado en dicha fecha y constituido formalmente en los primeros meses del año siguiente, tuvo muy presente esta causa de origen y por eso mantuvo la misma denominación de aquel al que vino a dar continuidad. Sólo dos detalles denotarían la novedad, pues lo obligaba la norma o costumbre seguida en los otros centros del CSIC creados en aquellos años: la definición como instituto de investigación,

ya no como seminario, y la disposición de su rótulo bajo el patronazgo de una figura señera de la ciencia española; en este caso, el elegido fue el sabio benedictino Fr. Martín Sarmiento, nuestro gran ilustrado, de conformidad también -convendrá recordarlo- con la idea que ya habían barajado años atrás los propios hombres del desaparecido Seminario.

El Padre Sarmiento, según su denominación más coloquial, retomó de inmediato las actividades interrumpidas y logró aglutinar en su seno a una buena parte de los miembros del antiguo Seminario de Estudios Gallegos; entre ellos, Xesús Carro García, José F. Filgueira Valverde, Fermín Bouza Breyo, Serafín Moralejo, que lo hicieron en el momento mismo de la constitución, o Vicente Martínez Risco, Ramón Otero Pedrayo o Florentino López Cuevillas, que se sumaron muy poco tiempo después. El nuevo centro se organizó en secciones, al igual también que el antiguo Seminario, con Francisco Javier Sánchez Cantón como director y, en unos pocos años, pasó de tener un local provisional, en la compostelana Rúa Nova, a disponer de una sede mucho más amplia y adecuada a sus necesidades: el edificio anexo al Colegio de Fonseca, construido inicialmente para albergar la biblioteca de este último y que fue rehabilitado para este preciso fin por el propio CSIC. Hoy se acoge allí la Delegación de este organismo en Galicia.

En estos 75 años de brillante y fecundo recorrido del Instituto Padre Sarmiento pueden distinguirse tres etapas bien diferenciadas; su sola evocación se me antoja obligada aquí, pues resultan suficientemente ilustrativas para comprender la posición y prestigio que la institución alcanzó en la vida científica y cultural de Galicia a lo largo de toda la segunda mitad del pasado siglo. La primera de ellas es la que llega hasta los años sesenta, coincidiendo primero con la culminación de los trabajos que el viejo Seminario había puesto en marcha durante la guerra, la consiguiente reanudación de las actividades científicas y culturales de las Secciones -con resultados fundamentales para la ciencia en Galicia-, y el desarrollo y consolidación de una labor editorial de calidad, centrada principalmente en la revista Cuadernos de Estudios Gallegos, fundada en 1944, y en la serie de Anejos, que complementó y enriqueció a aquélla a partir de 1946. La segunda etapa podría identificarse ya con los años setenta y ochenta, coincidiendo con la incorporación de unas nuevas generaciones de investigadores y estudiosos, casi todos procedentes de la pujante universidad compostelana. Bajo la sucesiva dirección de José F. Filgueira Valverde y de Francisco Javier Río Barja, puede decirse sin exageración alguna que las personalidades más destacadas de la humanística gallega y los profesores universitarios más relevantes de aquellos años mantuvieron una relación directa con el Instituto, sus secciones y sus actividades. La tercera etapa, que llega hasta hoy, tuvo su inicio muy poco antes de mediar los años noventa, cuando la nueva realidad de Galicia hizo necesaria e inaplazable una profunda renovación del Padre Sarmiento, que adaptó o normalizó su estructura como centro de investigación propio del CSIC, aunque procurando no renunciar a su vocación por la difusión cultural, que fue su indeclinable señal de identidad

desde el momento mismo de su constitución. A partir de ahí y bajo la dirección de quien esto escribe, el Padre Sarmiento pudo incrementar poco a poco, pero de manera sustancial, su personal de plantilla y, consecuentemente, el conjunto todo de sus diferentes actividades científicas, culturales y editoriales.

En el año 2000, el Instituto de Estudios Gallegos Padre Sarmiento quedó redefinido como un centro de carácter mixto, o titularidad compartida, del CSIC y la Xunta de Galicia, lo que dio paso al traslado de su sede al antiguo Hospital de San Roque. Esta es su situación actual, mientras que su actividad se concentra ahora en el ámbito de la Historia, desde la Edad Media a la Contemporánea y con primordial referencia a Galicia; bajo el peso de esta última premisa, que acostumbra a ser mal comprendida y peor evaluada, destaca la pujanza de algunas de sus líneas de investigación, como los estudios sobre el parentesco y las redes e instituciones de poder en la Edad Media, las fuentes diplomáticas, epigráficas y heráldicas, o el fenómeno de las peregrinaciones.

Alcanzar los 75 años de actividad constituye naturalmente un logro importante, pero hacerlo con el respaldo de un acervo más que notable de publicaciones e investigaciones competitivas tiene todavía, si cabe, mayor significado y trascendencia. Porque la calidad y continuidad de su actividad científica constituye, en suma, el mayor y mejor balance que una institución como el Padre Sarmiento puede ofrecer a la sociedad para merecer, ya que no para exigir, un mayor y mejor horizonte de futuro.

Eduardo Pardo de Guevara y Valdés

Director del Instituto de Estudios Gallegos Padre Sarmiento
Delegado Institucional del CSIC en Galicia

ESTUDIO DE EPIZOOTIAS Y ZONOSIS EN ANIMALES DOMÉSTICOS

Novoa López, Noelia; Pastor Herranz, Ignacio Fco.; Arias Fernández, Cristina; Mato López, Lucia

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

Palabras clave: Parásito, Hospedador, Epizootia, Zoonosis, Sanidad Animal

INTRODUCCIÓN

Los animales domésticos son “aquellos animales de compañía pertenecientes a especies que críe y posea tradicional y habitualmente el ser humano, con el fin de vivir en domesticidad en el entorno del hogar, así como los de acompañamiento, conducción y ayuda de personas con discapacidad reconocida.” tal y como lo define la Xunta de Galicia en la LEY 4/2017, de 3 de octubre, de protección y bienestar de los animales de compañía en Galicia.

A pesar de los beneficios que pueden proporcionar los animales domésticos, es necesario tener en cuenta los peligros que pueden ocasionar a la salud pública. Los más comunes son las mordeduras, rasguños y alergias, pero también existen abundantes organismos infecciosos, incluyendo virus, bacterias, hongos y parásitos, que pueden ser transmitidos al ser humano por medio de los animales de compañía y que, por tanto, son considerados agentes zoonóticos (Robertson y Thompson, 2002).

Se entiende por zoonosis, aquellas infecciones o enfermedades que se transmiten de forma natural de los animales vertebrados al hombre y viceversa (OMS, 1967). La importancia de estos patógenos se puede ver modificada por las condiciones ambientales y los hábitos de la población, los cuales hacen que se incremente o reduzca su incidencia (Campillo, 1999). Entre los principales agentes infecciosos zoonóticos transmitidos por los perros, se encuentran los parásitos intestinales (Dado *et al.*, 2012).

MATERIAL Y MÉTODO

Se analizaron muestras de heces de animales domésticos, que se agruparon según su procedencia en dos grupos:

- GRUPO I: animales de compañía que por distintas causas acuden a una Clínica Veterinaria
- GRUPO II: animales de compañía que están en granjas unifamiliares para consumo propio.

Las Clínicas Veterinarias se seleccionaron de las cuatro comarcas más pobladas de la Provincia de Pontevedra: O Bixao Miño (Tui y A Guarda); O Morrazo (Moaña); Pontevedra (Poio y Pontevedra) y Vigo (5 Clínicas).

Las muestras del Grupo II procedían de granjas unifamiliares del medio rururbano de la comarca de Vigo.

Las muestras se recogieron en envases de polietileno estériles, etiquetados, según el protocolo habitual. Junto con cada envase, se adjuntaba una ficha técnica para cumplimentar.

El análisis de las heces no permite el diagnóstico de todas las parasitosis intestinales. Las posibilidades están limitadas por la Biología de ciertos parásitos. Por otro lado, la eficacia limitada de ciertas técnicas de diagnóstico cuando los parásitos están en escasa cantidad y la eliminación variable de las formas de diseminación parasitaria en función del tiempo, nos hace comprender el hecho de que un solo resultado negativo con una sola técnica de diagnóstico, no puede ser definitivo.

Para garantizar la seguridad diagnóstica es necesario realizar con cada muestra fecal, dos Técnicas de análisis, una de flotación y otra de sedimentación. Estas técnicas se acompañarán con dos tipos de tinciones y, de ser necesario, con técnicas de coprocultivo.

El coprocultivo que es absolutamente necesario para determinar la naturaleza de la flora fúngica y bacteriana fecal, para la Parasitología no es más que un complemento, a veces necesario. En este caso, el interés del coprocultivo en Parasitología reside en la identificación de ciertos parásitos, mediante la observación de los estadios evolutivos. En el caso de los Coccidios (Protozoa) se utiliza para favorecer el proceso de esporulación (reproducción asexual múltiple). En el caso de los Nematodos, se aplica a aquellos capaces de llevar a cabo una evolución larvaria en el medio externo. En condiciones favorables, los huevos eclosionan expuesto.

Una vez las muestras en el laboratorio, se procedió a realizar la metodología siguiente:

Examen Macroscópico:

Se aprecia la consistencia de las heces según la escala de heces de Bristol y se establece la presencia o ausencia de proglótides de Cestodos, parásitos enteros, sangre, moco u otros elementos anormales

Examen Microscópico:

Por este examen podremos encontrar pequeños Helmintos adultos, sus huevos y larvas, trofozoítos y quistes de Protozoos; así como Pseudoparásitos: células muertas del organismo, células epiteliales, glóbulos rojos, objetos inertes (cristales) hongos, células vegetales, gránulos de almidón y polen, que pueden confundirse con quistes y huevos, así como fibras vegetales o pelos de plantas y animales que producen confusión con larvas de Nematodos. Especial mención merecen los Ácaros microscópicos (Ácaros del polvo, harinas...).

Examen microscópico directo:

Se realizaron frotis de todas las muestras que se observaron directamente al microscopio

Examen microscópico previa concentración:

Se realizaron las dos técnicas de concentración de muestras fecales utilizadas rutinariamente en un laboratorio de diagnóstico parasitológico: la sedimentación con formalina-acetato de etilo (Método de Ritchie modificado) y la flotación con una solución Saturada de Sulfato de Zinc.. Ambas técnicas permiten concentrar las formas parasitarias presentes en la muestra fecal incrementando la probabilidad de detección.

Se homogenizaron las heces (dos tubos por muestra) con formalina al 10% y se centrifugaron a 500g durante 10 minutos. Se eliminó el sobrenadante y los sedimentos se emplearon para la realización de las dos técnicas.

Coprocultivo para esporulación de ooquistes de Coccidios:

En una placa Petri se mezclan las heces que contienen los ooquistes con una solución de Dicromato Potásico al 2% en agua destilada, el cual, a demás de dar humedad al medio, posee acción bactericida y fungicida. La placa se introduce en una estufa a 20-25°C. Se ventiló a diario para proporcionar a los ooquistes el oxígeno necesario y diariamente se examinaron por flotación los ooquistes para controlar el desarrollo de la esporogonia.

Coprocultivo en placa de Petri para huevos de strongilidos:

El objetivo es intentar visualizar las larvas que eclosionan de los huevos de strongilidos presentes en las muestras fecales de caballo. Colocamos una tira de papel de filtro del tamaño de un porta sobre un porta y colocar éste en el interior de una placa de Petri apoyando uno de sus extremos sobre medio tubo de silicona (permite que el porta quede inclinado y favorece el descenso de las larvas hacia el agua).

Ponemos una pequeña cantidad de muestra fecal en el centro del papel de filtro colocado sobre el porta. Añadimos agua destilada a la placa, de forma que al menos ¼ inferior del porta quede sumergido. De esta manera, la muestra fecal se mantendrá húmeda por capilaridad.

Tapamos la placa e incubamos a temperatura ambiente. Añadimos agua diariamente, si es preciso, para contrarrestar la evaporación.

Con el microscopio invertido o la lupa examinados diariamente el agua circundante en búsqueda de larvas móviles que hayan eclosionado de los huevos. Vamos observando la evolución de las larvas

Índices Ecoparasitológicos:

Se calculó la Prevalencia de la infección global y de las infecciones para cada tipo de parásito encontrado, en cada grupo muestral, según la fórmula:

$$P = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de hospedadores parasitados} \times 100}{\text{N}^{\circ} \text{ total de hospedadores examinados}}$$

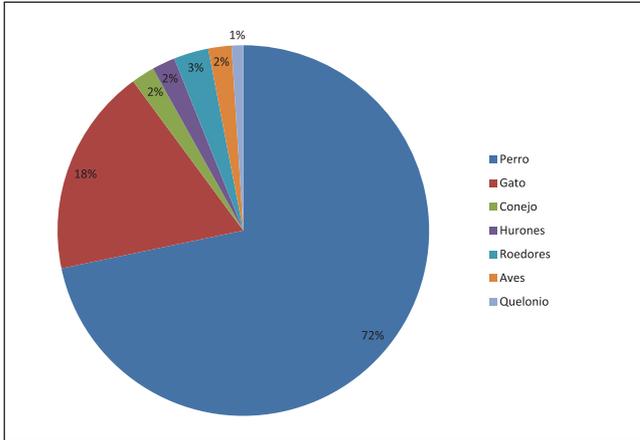


FIGURA 1: Porcentaje de muestras analizadas de cada grupo en relación al número de muestras totales.

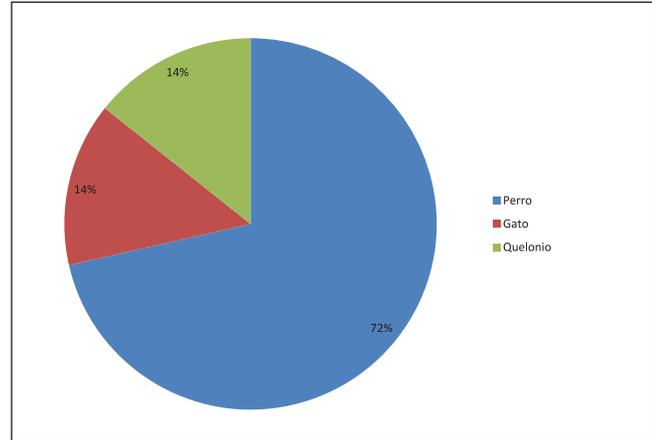


FIGURA 3: Porcentaje de muestras positivas para parásitos por grupo de animales en relación a las muestras positivas totales.

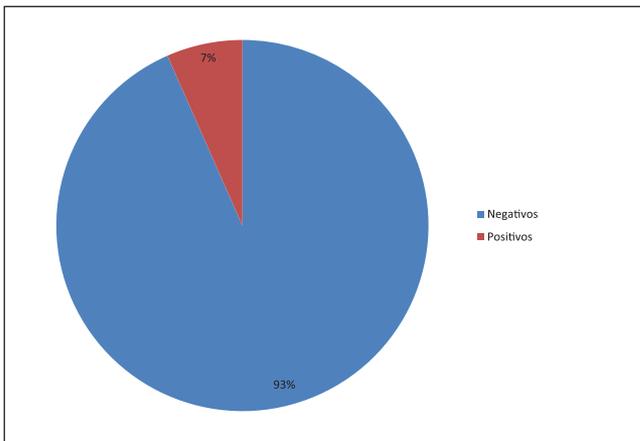


FIGURA 2: Porcentaje de muestras positivas para parásitos en relación al total de muestras analizadas.

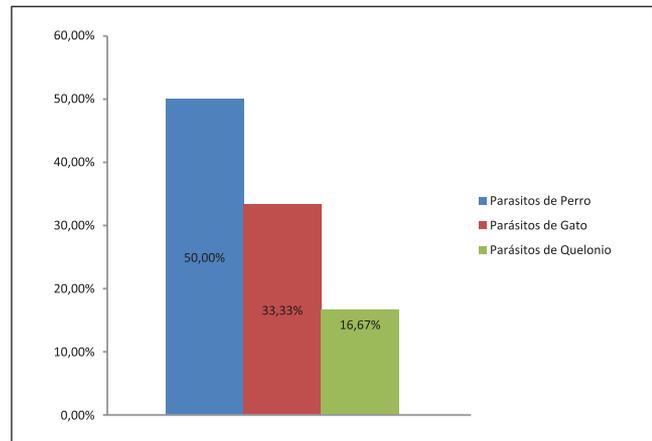


FIGURA 4: Porcentaje de las distintas especies de parásitos por grupos en relación al número total de especies de parásitos encontradas.

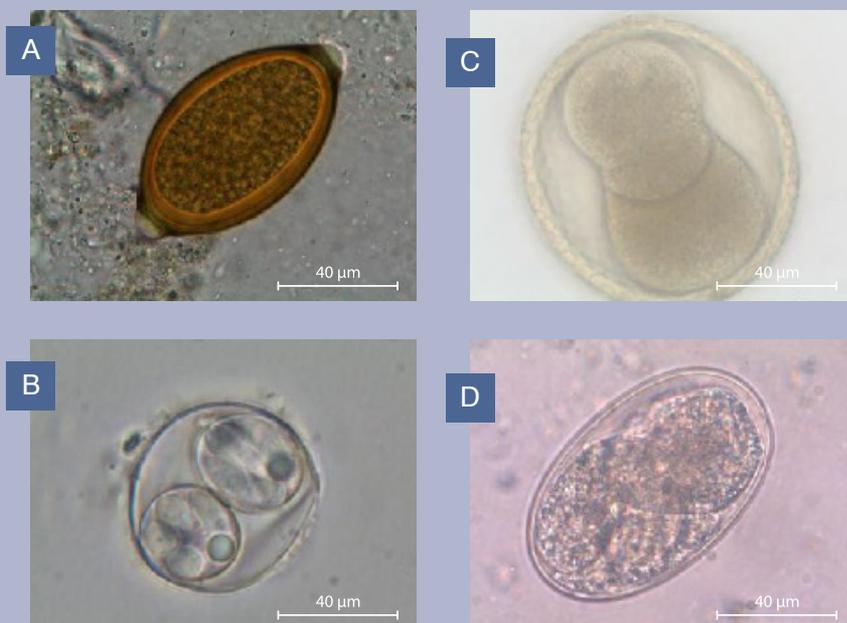


FIGURA 5:

A) Huevo de *Trichuris vulpis*.

B) Ooquiste esporulado de *Cystoisospora rivolta*.

C) Huevo de *Toxocara canis*.

D) *Strongylus* sp.

Todas las imágenes están sacadas con el objetivo de 40x. (Novoa, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizamos un total de 99 muestras de distintos animales de procedentes de diferentes clínicas veterinarias de la provincia de Pontevedra.

Los grupos de animales analizados fueron (Figura 1):

- Perros (70 muestras, un 72%).
- Gatos (18 muestras, un 18%).
- Conejos (2 muestras, un 2 %)
- Hurones (2 muestras, un 2%).
- Roedores (3 muestras, un 3%).
- Aves (2 muestras, un 2%).
- Quelonios (1 muestra, un 1%).

Realizamos 3 análisis por muestra (análisis macroscópico, método físico-químico de sedimentación y método físico de flotación), lo que supone un total de 297 análisis.

De entre las 99 muestras analizadas, 7 de ellas dan positivo para parásitos, lo que supone un 7% del total (Figura 2). Si

desglosamos estas 7 muestras por animales, 5 muestras son de perro, lo que supone un 72%; 1 muestra es de gato y 1 muestra de quelonio, dando un 14% del total, cada una, de las muestras positivas totales (Figura 3).

En los grupos parasitados se encontraron las siguientes especies de parásitos: *Trichuris vulpis*, *Giardia sp.*, y *Toxocara canis* en perros; *Cystoisospora felis* y *rivolta* en gatos, en este caso en el mismo individuo; y *Tachygonetria sp.* en quelonios (Figura 5). De estos datos obtenemos que el 50% de las especies de parásitos encontradas en este estudio aparecen en perros; el 33,33% en gatos y el 16,67% en quelonios (Figura 4).

AGRADECIMIENTOS:

Nuestro más sincero reconocimiento a los profesionales de las Clínicas Veterinarias (C.V.), sin cuya ayuda hubiera sido imposible la realización de este trabajo.

C.V. Poio (Poio); C.V. Ícaro (Pontevedra); C.V. La Guardia (La Guardia); C.V. Peniche (Moaña); C.V. Santa Mariña (Redondela); C.V. Tui (Tui) y en la ciudad de Vigo: C.V. San Antón; C.V. Xilgaro; C.V. Beade; C.V. Amigos y C.V. Cuatro Patas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ash, L.R, Orihel, T.C. (2007). *Ash&Orihel's atlas of human parasitology*. Chicago: ASCP.
2. Bowman, D.D. (1999) *Georgis' parasitology for veterinarians*. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
3. Campillo, M. (1999). Parasitosis del aparato digestivo. En: Miró, G., Alonso, F., Campillo, M., Díez, P., Díez, N., Morrondo, P. (Eds.). *Parasitología veterinaria*. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana, pp. 615-651.
4. Cordero del Campillo, M., Rojo Vázquez, F.A., Martínez Fernández, A.R., Sánchez Acedo, C., Hernández Rodríguez, S., Navarrete López-Cozar, I., Díez Baños, P., Quiroz Romero, H., Carvalho Varela, M. (1999). *Parasitología Veterinaria*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
5. Dado, D., Izquierdo, F., Vera, O., Montoya, A., Mateo, M., Fenoy, S., Galván, A.L., García, S., García, A., Aránguez, E., López, L., Águila, C., Miró, G. (2012). Detection of zoonotic intestinal parasites in public parks of Spain. Potential Epidemiological role of microsporidia. *Zoonoses Public Health*. 59: 23-28.
6. Dubey, J. P., Lindsay, D. S., Lappin, M. R. (2009). Toxoplasmosis and Other Intestinal Coccidial Infections in Cats and Dogs. *Vet Clin Small Anim*. 39: 1009-1034.
7. España. Ley 8/2003, de 24 de abril, de sanidad animal. Boletín Oficial del Estado, 25 de abril 2003, núm. 99, p. 16006.
8. Garcia, L.S. (2007). *Diagnostic medical parasitology*. Washington: American Society for Microbiology.
9. Kaufmann, J. (1996). *Parasitic infections of domestic animals: a diagnostic manual*. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.
10. LEY 4/2017, de 3 de octubre, de protección y bienestar de los animales de compañía en Galicia.
11. Organización mundial de la salud, OMS. (1967). Joint FAO/WHO expert committee on zoonoses. Technical report series. Nº 378, pp. 68.
12. Robertson, I.D., Irwin, P.J., LyMBERY, A.J., Thompson, R.C.A. (2000). The role of companion animals in the emergence of parasitic zoonoses. *Int. J. Parasitol*. 30: 1369-1377.
13. Robertson, I.D., Thompson, R.C. (2002). Enteric parasitic zoonoses of domesticated dogs and cats. *Microb. Infect*. 4: 867-873.
14. Serrano Aguilar F.J., Frontera Carrión, E.M., Gómez Nieto, L.C., Habela Martínez-Estélez, M.A., Pérez Martín, J.E., Reina Esojo, D., Calero Bernal, R., Carcelén Rodríguez, J., Fernández Cotrina, J., Gamito Santos, J., Iniesta Orozco, V., Pariente Palomino, F.J., Suárez López, I., Gómez Blázquez, M., Monroy Pérez, I., Baz Agudo, V., Pajares del Sol, P. (2010). *Manual práctico de parasitología veterinaria*. Cáceres: Universidad de Extremadura, Servicio de publicaciones.
15. Sloss, M.W., Kemp, R.L., Zajac, A.M. (1994). *Veterinary clinical parasitology*. Ames, Iowa: Iowa State University Press.
16. Soulsby, E. J. L. (1987) *Parasitología y enfermedades parasitarias en los animales domésticos*. México : Interamericana.

EL EXCEPCIONAL HALLAZGO DEL MICROSCOPIO DE ANTONY VAN LEEUWENHOEK, EL PADRE DE LA MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

Tomás Camacho¹; Estrella Pallas²

1. Médico especialista en análisis clínicos. Laboratorio Vithas lab.

2. Médico especialista en otorrinolaringología y medicina del trabajo. Hospital Álvaro Cunqueiro (Vigo).

RESUMEN

El 12 de febrero del 2015 aparecía en la revista británica *Laboratory News* un reportaje especial “*Deepening mystery of disappearing microscope*” cuyo autor era el Profesor Brian Ford, donde se informaba que, de forma sorprendente, un microscopio de Antony van Leeuwenhoek, el holandés considerado padre de la microbiología y parasitología, había aparecido en Delft, Holanda. Este nuevo microscopio constituía el número 10º de los que se conservan (actualmente ocho se encuentran en museos públicos y uno en manos privadas). El 10º microscopio había aparecido, sorprendentemente, en el lodo de los canales de su ciudad natal, Delft (Holanda), y vendido a través de ebay. En el artículo se comentaba que su poseedor era un coleccionista español.

El trabajo que ahora se presenta habla de su hallazgo, el proceso de autenticación y lo que representa para el campo de la ciencia. Además nos aporta luz sobre el carácter de su autor y desvela alguno de sus secretos mejor guardados.

INTRODUCCIÓN

Antony van Leeuwenhoek nació en Delft, Holanda, el 24 de octubre de 1632, durante la edad de oro de la historia holandesa. En Delft se ganaba bien la vida vendiendo seda, lana, algodón, botones y cintas a los burgueses acomodados de la ciudad. Los pañeros meticulosos como Leeuwenhoek tenían por costumbre usar una lupa de pocos aumentos para contar los hilos de los tejidos y, así, comprobar su calidad. En 1668, a los 36 años de edad, realiza un viaje a Londres. No hay ninguna duda que dicho viaje fue muy provechoso; aparte de intereses comerciales, iba a adquirir el libro *Micrographia*¹ de Robert Hooke que se encontraba en la cima de su popularidad y quedaría fascinado por lo que mostraba (no existe ninguna

duda que poseía el libro ya que en las primeras cartas que envía a la Royal Society en 1673 realiza el estudio de los mismos objetos y en el mismo orden que los que Hooke había publicado en su libro). Este libro le enseñaría la técnica sobre cómo construir lentes y le mostraría el camino de la investigación.

En el prefacio del libro *Micrographia*¹, en su página 22, viene una descripción de Robert Hooke sobre cómo fabricar las lentes: “*tome un trozo transparente de un vidrio de Venecia roto y sobre una llama derretirlo y estirarlo en pequeñas hebras o hilos... y a continuación derretirlos hasta que formen una pequeña gota que colgará al final del hilo, y que posteriormente será montada entre dos placas de latón, plomo, estaño o cualquier metal*”

Sin ningún género de duda Leeuwenhoek copió a Hooke al pie de letra y comenzó casi inmediatamente a desarrollar sus microscopios (aunque nunca lo reconoció, un rasgo de su carácter que a lo largo de este texto nos sorprenderá).

En 1673, en pleno apogeo de las guerras navales anglo-holandesas, Henry Oldenburg (editor de las *Philosophical Transactions*) recibió una carta del especialista en anatomía holandés Rainier de Graaf (1641-1673) presentando a Leeuwenhoek, en la que decía²: “*Para demostrar todavía con mayor claridad que las humanidades y la ciencia no han sido todavía borradas de entre nosotros por el entorchocar de las armas, escribo a fin de comunicarte que una persona sumamente ingeniosa de estos lugares, llamada Leeuwenhoek, ha ideado unos microscopios que superan con mucho lo que hemos visto hasta ahora. La carta adjunta escrita por él, en la que describe ciertas cosas que ha observado con mayor precisión que otros autores anteriores, puede servirle como muestra de su trabajo; y si lo tiene a bien y se digna probar la*

pericia de este diligente hombre y alentarle, le ruego le envíe una carta con sus sugerencias, proponiéndole problemas más difíciles del mismo tipo”.

Durante más de 50 años Leeuwenhoek contribuiría a la *Philosophical Transactions* con 375 cartas y a las *Mémoires de la Académie des Sciences* de París con 27. Dos colecciones de sus trabajos aparecieron durante su vida, una en holandés (London-Delft, 1685-1718) y la otra en latín (1715-1722). Fue el microscopista de los siglos XVII y XVIII que más difundió estos conocimientos; sus observaciones y experimentos lo hicieron una autoridad internacional y le valieron ser nombrado miembro de la *Royal Society* de Londres el 8 de febrero de 1680. Además, como reconocimiento a sus descubrimientos, le enviaron un diploma de socio en una caja de plata con los emblemas de la *Royal Society* grabados en su tapa. Él se lo agradeció por carta³ (*Antoni van Leeuwenhoek, dated at Delft, to Robert Hooke. 13 May 1680. Gratefully accepts election to the Fellowship and acknowledges receipt of his diploma*). Aquella carta de agradecimiento finalizaba: “os serviré fielmente durante el resto de mi vida”. Y cumplió su palabra hasta su muerte, el 26 de agosto de 1723, a los casi 91 años. En la actualidad está enterrado en la Iglesia vieja/ Oude Kert, Delft. Es considerado, con todo merecimiento, el “padre de la microbiología y parasitología actual”. Había nacido una leyenda.

Leeuwenhoek encontró que las lentes simples biconvexas, muy pequeñas, con una gran curvatura, de distancia focal corta, eran preferibles a los microscopios compuestos empleados en ese entonces (especialmente por Robert Hooke). Sus lentes eran de cristales de roca y hasta de diamante, en algunos casos no mayores que el tamaño de un alfiler (comenzó a experimentar en el año 1667-1668, después de su viaje a Londres y, aunque nunca desveló su método de construirlas, se sabe positivamente que se realizaron por un proceso de tallado y pulido o por un soplado especial.

Leeuwenhoek probablemente comenzó a pulir sus lentes a mano, pero más tarde comenzó a usar un torno, similar al que usaban los joyeros. Él lo describió en una de sus cartas⁴ “mi estudio está situado hacia el noreste, en mi antecámara, no teniendo otra apertura que un agujero de una pulgada y media de ancho y 8 pulgadas de largo, a través del cual pasa el muelle de madera de mi torno”.

Además, su experiencia en las técnicas de soplado de vidrio (a los 16 años estuvo trabajando de aprendiz en una fábrica de sopladores de vidrio) le permitió tener una gran maestría en su construcción. No obstante, jamás reveló como consiguió adquirir tal destreza en el pulimento de las lentes,

negándose a vender ninguno de sus microscopios. Así, cuando en 1673 informó por primera vez a la *Royal Society* de sus descubrimientos, recibió como respuesta un pedido de instrucciones para construir un microscopio y realizar las mismas observaciones. Esto no le gustó nada. Leeuwenhoek se mantuvo firme hasta el día de su muerte y aunque llegó a fabricar casi 500 microscopios, jamás les envió uno a los científicos de la *Royal Society*. Ni siquiera las instrucciones para que hicieran una réplica. Aunque los científicos de la *Royal Society* llegaron a ofrecer importantes sumas de dinero, Leeuwenhoek siempre se mantuvo firme (22 años antes de su muerte, en 1701 envió una carta a la *RS* diciendo que solo a su fallecimiento le serían enviados 26 microscopios a través de su hija)⁵: “Tengo un pequeño gabinete negro y dorado que tiene cinco pequeños cajones en los que figuran trece cajitas de latón, cubiertas con cuero negro. En cada una de estas cajas están dos microscopios, haciendo en total veintiséis; con lentes que yo mismo he pulido y montado en plata; y la mayor parte de la plata fue la que yo mismo extraje de los minerales y separé del oro con el que estaba mezclado. Este gabinete, con los microscopios mencionados (que usaré mientras viva), he ordenado a mi única hija que remita a sus señorías tan pronto fallezca, como una señal de mi gratitud y reconocimiento al gran honor que he recibido de la *Royal Society*”.

Finalmente, el 4 de octubre de 1723, seis semanas después del fallecimiento de su padre, su hija María escribió una carta a la *Royal Society* (*María van Leeuwenhoek, dated at Delft, to the Royal Society*)⁶ en la que junto con el envío de los 26 microscopios de plata, como había sido el último deseo de su padre decía, “tras la triste pérdida de mi querido padre Antony Van Leeuwenhoek, envío a la noble y afamada *Royal Society* de Londres una pequeña caja con 26 magníficas lentes, engastadas en plata, construidas por mi padre con sus propias manos; verdaderamente es un pobre presente, pero representa el profundo respeto que mi padre tenía por tan afamada sociedad y de la que tuvo el honor de haber sido uno de sus miembros. Les ruego que me hagan saber si este presente llega seguro a sus manos para que yo pueda descansar satisfecha de haber cumplido el último deseo de mi padre. Su humilde sirvienta, María van Leeuwenhoek, hija de Antony. Delf, 4 de octubre de 1723.”

Según Clifford Dobell (1886-1949), el biólogo inglés que se convertiría en el mayor divulgador de su biografía, la clave de su éxito residía en la iluminación de campo oscuro, es decir, en una iluminación lateral de los objetos que haría resaltar los contrastes contra un fondo oscuro. Con la iluminación normal vemos los objetos oscuros contra un fondo más claro; sin embargo, en el campo oscuro se produce un fenómeno

parecido al efecto Tyndall, de tal forma que pueden verse objetos muy diminutos que reflejen la luz. Sin duda disponía de técnicas para obtener una iluminación óptima, secretos que se llevó a la tumba. Así, en una temprana carta⁷ remitida en 1675 en respuesta a una crítica sobre los glóbulos rojos escribe (probablemente muy enojado) un texto sorprendente: “...pero puedo observar por mí mismo los glóbulos de la sangre de forma tan clara y limpia como uno puede distinguir con sus propios ojos, sin ningún tipo de ayuda con anteojos, granos de arena colocados en un trozo de tela de tafetán negro”. Es importante recordar que Leeuwenhoek habla aquí no como un microscopista sino como un vendedor de telas enfadado por las críticas. Nadie podría haber pensado en tal símil a menos que hubiese visto los hematíes en un campo oscuro. Esto prueba que su particular método de observar objetos muy pequeños era algún simple sistema de iluminación de campo oscuro. Es obvio que él conocía algo que los demás no y, termina diciendo: “supero en este conocimiento a los demás”.

Desgraciadamente muchas circunstancias han influido para que en la actualidad tan solo poseamos nueve originales. Entre ellas no deberíamos dejar de destacar que después de su fallecimiento la medicina tardó unos 200 años en poder confirmar con exactitud sus descubrimientos, por lo que muchos de sus microscopios serían valorados simplemente por el material del que habían sido hechos (aunque la mayoría de estos microscopios eran principalmente de bronce, un porcentaje importante eran de plata e incluso existe constancia en la subasta del 29 de mayo de 1747 de que había tres de oro).

Todos sus trabajos fueron realizados siempre con microscopios “simples”, es decir, que usaba un sistema de lente única. De los nueve microscopios que se conservan, el del Museo de la Universidad de Utrecht es el de mayor aumento (266x) y su lente es la única que es por soplado más que por pulido.

Aunque no sabemos exactamente cuántos microscopios construyó Leeuwenhoek, en 1710, Zacharias Conrad von Uffenbach lo visitó y anotó en su diario que tenía cerca de 300 microscopios en un armario en su casa, guardados en cajas. En 1747, dos años después del fallecimiento de su hija María, los microscopios fueron vendidos. Analizando el catálogo de la subasta Van Setters⁸ concluyó que Van Leeuwenhoek hizo al menos 566, capaces de aumentos entre 60x y 266x. En la actualidad solo sobreviven nueve de ellos. De estos, al menos uno es probablemente una copia, el de Gante⁹.

Por otra parte, los 26 microscopios de plata enviados a la *Royal Society* de Londres desaparecieron en 1820 tras un incendio en casa de Sir Everard Home (1756-1832), un controvertido cirujano que fue la última persona conocida en tenerlos en su posesión.

Los nueve microscopios considerados originales¹⁰⁻¹¹ se encuentran distribuidos de la siguiente forma:

- Museum Boerhaave, Leiden, Holanda: 4 microscopios
- Deutsches Museum, Munich, Alemania: 2 microscopios
- University Utrecht, Utrecht, Holanda: 1 microscopio
- University Gent Museum, Gante, Bélgica: 1 microscopio
- Colección privada: 1 microscopio.

Este último microscopio fue encontrado en 1978 en una caja abandonada del laboratorio del departamento de Zoología de la Universidad de Leiden por el Dr. J.J. Willemse de Rotterdam y posteriormente comprado por el mismo. Ese microscopio había pertenecido a la colección de RT Maitland, Director del *Zoological Gardens* en La Haya. En el año 2009 fue vendido en subasta pública en Londres (Christies's, London, South Kensington, 8 abril 2009) alcanzando un precio de 459.225 \$. Se desconoce su actual propietario y su localización.

Leeuwenhoek hizo la primera descripción precisa de los glóbulos rojos¹² en 1682 (que ya habían sido observados por Swammerdam, pero que los había confundido con gotitas de grasa); posteriormente confirmó la demostración de Malpighi de los capilares sanguíneos¹³ en 1692. Ya, en 1677, había descrito e ilustrado los espermatozoides, en perros y otros animales¹⁴ y, un poco más tarde, en 1680, comunicó que la levadura está constituida por minúsculas partículas globulares¹⁵. Pero, sin duda, lo más sensacional de todo fue su descubrimiento de pequeños organismos invisibles a simple vista, las bacterias y los protozoos -sus llamados animalículos-. Por todo ello es considerado, con todo merecimiento, el “padre de la microbiología y parasitología actual”.

En septiembre de 1674, por pura casualidad, llenó un frasco de cristal de un agua turbia y verdosa, procedente de un lago pantanoso situado a tres kilómetros de Delft, y bajo la lente de aumento descubrió “muchísimos animalículos diminutos”; acabada de descubrir los protozoos¹⁶. “Entonces vi con gran claridad que se trataba de pequeñas anguilas o lombrices apiñadas y culebreando, igual que si viera a simple vista un charco lleno de pequeñas anguilas, todas retorciéndose unas encima de otras, y parecía que toda el agua estaba viva y llena de estos múltiples animalículos. Para mí, ésta fue, entre todas las maravillas que he descubierto en la naturaleza, la más maravillosa de todas; y he de decir, en lo que a mí concierne, que no se ha presentado ante mis ojos ninguna visión más agradable que esos miles de criaturas vivientes, todas vivas en una diminuta gota de agua, moviéndose unas junto a otras, y cada una de ellas con su propio movimiento”.

No es de extrañar que quienes leían estos relatos fueran acosados por las dudas. Algunos lo acusaron “de ver más con su imaginación que con sus cristales de aumento”. Pero, finalmente, la *Royal Society* encargó a Hooke que construyera un nuevo microscopio que confirmara las observaciones de Leeuwenhoek. Hooke presentó su nuevo microscopio compuesto el 15 de noviembre de 1677 y confirmó lo que Leeuwenhoek había descrito. Presa de una gran excitación todos los miembros de la *Royal Society* comprobaron que Antony van Leeuwenhoek no había mentado; allí estaban los animalículos maravillosos y así pudieron sentir, aunque fuese por un instante, la emoción que se había apoderado de Leeuwenhoek cuando los observó por primera vez.

Varios años más tarde, en 1683, hizo el descubrimiento de bacterias¹⁷ en el sarro-placa dental, en concreto cocos, bacilos y espirilos “*por la mañana solía frotar mis dientes con sal y enjuagar la boca con agua y después de comer limpiar mis molares con un palillo de dientes... Siempre vi, con gran asombro, que había muchos pequeños animalillos vivientes, moviéndose muy grácilmente. La mayor clase tenían un movimiento muy rápido y brusco y se desplazaban como un lucio lo hace a través del agua*”.

En el número del 12 de febrero del 2015 de la revista británica *Laboratory news* aparecía un reportaje especial firmado por el Dr. Brian Ford titulado¹⁸ “*Deepening mystery of disappearing microscope*”, en donde se informaba que, de forma sorprendente, un nuevo microscopio de Antony van Leeuwenhoek había aparecido. Este nuevo microscopio constituía el número 10 de los que se conservan actualmente. Había aparecido en la ciudad donde Leeuwenhoek vivió toda su vida (Delft, Holanda), sorprendentemente en el lodo de los canales de esa ciudad. En relación a este microscopio tan solo se comentaba que su poseedor era un coleccionista español.

El microscopio se adquirió en ebay. Un vendedor de antigüedades de Delft, Holanda, lo ofrecía como “instrumentos de pintura” encontrados en el lodo de los canales de Delft (en la foto se incluían un tintero, un compás, unas pinzas y unas monedas de la época). Hacía referencia a que el ayuntamiento de la ciudad de Delft había limpiado los canales en 1981 y ese lodo fue utilizado para la ampliación de un parque público. Desde entonces algunos aficionados rastreaban esa zona buscando objetos de época. Una de esas personas encontró un lote de diversos objetos que era el que se vendía. Tras cerrar la puja el vendedor acordó remitir los objetos según el proceso habitual en este tipo de compra. Una vez remitido a España su propietario contactó con el Dr Brian Ford, el mayor especialista en Leeuwenhoek y sus microscopios, para su autenticación. El complejo proceso se realizó en el prestigioso laboratorio

de Cavendish, perteneciente al departamento de Física de la Universidad de Cambridge, Londres, y contó también con la colaboración de *Cargille Laboratories* (55 Commerce Rd, Cedar Grove, NJ 07009 USA), laboratorio especializado en líquidos con diferentes índices de refracción y cuyas aplicaciones se han expandido a múltiples campos, de forma especial al campo de la óptica.

El estudio se llevó a cabo en diferentes fases:

1. El análisis de la composición del metal y la lente por medio de la técnica de difracción de rayos X (Fig 1-2).
2. Estudio de las características técnicas de la lente (diámetro, radio de curvatura, distancia focal, aumento e índice de refracción o resolución).
3. Estudio de la técnica de construcción a través del análisis con el microscopio electrónico de barrido (*SEM, scanning electron macrography*) sobre el metal y la lente (esto genera un haz de electrones que ilumina la muestra creando una imagen que refleja las características superficiales de la misma y que proporciona información de las formas, texturas y composición química de sus constituyentes obteniendo fotografías de alta resolución). Además, esta técnica nos permitiría observar si la lente se realizó con la técnica de pulido o soplado.

Para el estudio se utilizó una réplica del microscopio que posee el museo Boerhaave de Leiden (Holanda), de gran calidad, e identificada con una marca para evitar cualquier atisbo de falsificación.

RESULTADOS

El nuevo microscopio es similar, básicamente, al resto de los que se conservan; consta de dos placas de metal en el medio de las cuales se encuentra la lente, además de los correspondientes tornillos de ajuste para la muestra. En total tiene unas dimensiones de 39 x 19 mm y un aspecto muy similar a simple vista al que se encuentra en la actualidad en el museo Boerhaave de Leiden, el único de los nueve originales que tiene tres agujeros en la base del tornillo. Un aspecto importante que llamaba la atención al observar por primera vez la lente era la importante abrasión que presenta su superficie; la reconstrucción de los perfiles de la lente en base a la superficie pulida que ha sobrevivido nos permite recrear la apariencia original de la lente con razonable seguridad y, así, poder compararla con otras realizadas por Antony van Leeuwenhoek. Gracias a esa reconstrucción con

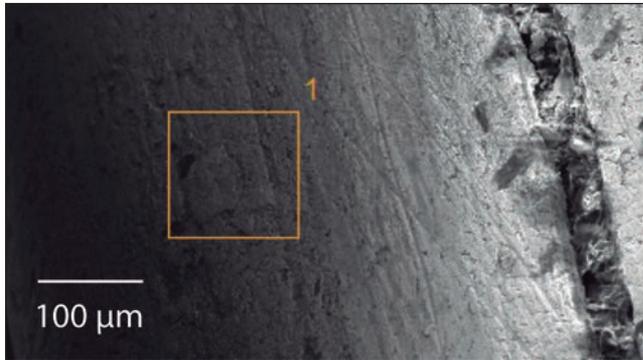


FIGURA 1: Análisis del metal.

un rango de líquidos de referencia del Laboratorio *Cargille*, se pudieron realizar los estudios técnicos; así, el diámetro de la lente es de 1.6 mm, el radio de curvatura de 1.2 mm, el índice de refracción (resolución) de 1.52 μm , la distancia focal de 1.1 mm y el aumento de 160x.

Las réplicas del museo Boerhaave se construyen a partir de bronce y las dimensiones son idénticas al microscopio de Leeuwenhoek original. Cada una está grabada para asegurarse de que no se confunde con una falsificación. Sin embargo, aunque el aspecto macroscópico es convincente, pequeños detalles de la construcción revelan que no se trata de un objeto original. Cuando comparamos por microscopía electrónica de barrido (SEM) la réplica del microscopio de Leeuwenhoek fabricada en el Museo Boerhaave en Leiden, Países Bajos, muestra claros signos de que se ha realizado con un torno; así, el punzón de ajuste consta de una bola producida en un molde realizado en dos partes y además los bordes de las láminas del punzón son muy regulares. Por el contrario, en el microscopio recién descubierto la misma técnica revela que el pasador de la muestra es facetado y se ha forjado a mano, mientras que la bola de ajuste carece de las marcas de molde de una pieza de fundición; además los bordes de la lámina son claramente irregulares. El examen reveló que el perfil de la rosca del tornillo en el microscopio recién descubierto es diferente del de la réplica; el corte de la cresta y la profundidad de la rosca (de los pernos para ajustar las muestras) son menos redondeados y claramente más planos que la réplica. La réplica del museo Boerhaave muestra las marcas de una matriz con la que se cortó el tornillo de posicionamiento; este fue cortado utilizando un troquel de acero y las marcas dejadas por el desgaste del troquel son claramente visibles. Por el contrario, en el instrumento recién descubierto, el estudio muestra que el tornillo, independientemente del instrumento realizado para su construcción, no presenta señales de desgaste dejadas por un instrumento moderno y que, claramente, se trata de un

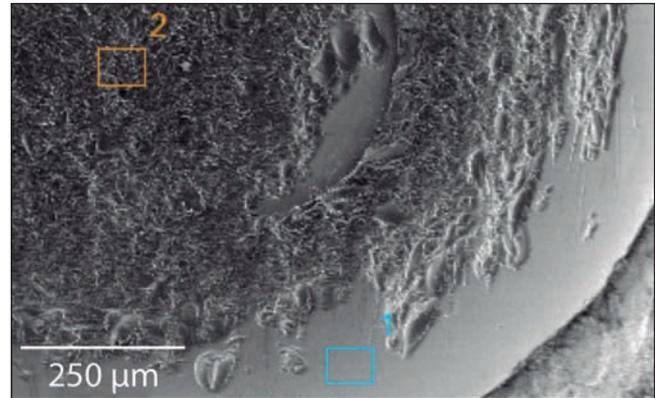


FIGURA 2: Análisis de la lente.

proceso manual tal y como se observa en la irregularidad del perfil de la rosca. Es pues un proceso artesano, muy alejado de los procesos mecánicos actuales (Fig 3). Además es significativo el detalle de los tres agujeros en el tornillo, algo que solo posee un microscopio de los nueve. La observación de la lente tras SEM no muestra burbujas, lo que indica que su método de construcción fue por pulido. En este microscopio, después de siglos incrustado en el lodo de los canales de Delft, la construcción es todavía perceptible y es susceptible al estudio por microscopía electrónica de barrido.

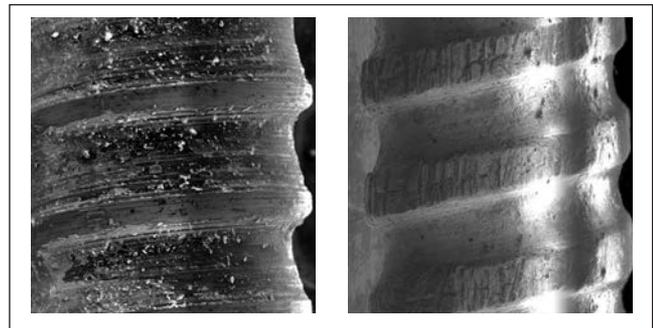


FIGURA 3: Imagen de los tornillos del microscopio original y de una copia realizada por medios industriales (izquierda y derecha de la imagen)

DISCUSIÓN

El estudio muestra que el microscopio está hecho de latón (aleación de cobre y zinc). La mayor parte de sus microscopios fueron hechos de latón aunque otros también fueron hechos de plata, e incluso tres de oro. El material del microscopio con que Leeuwenhoek construyó muchos de sus microscopios tenía una razón muy simple, necesitaba un material muy maleable. En muchos casos este material lo extrajo con sus

propias manos del mineral y esto está referenciado repetidas veces en sus cartas.

En la carta de su hija María a la Royal Society tras el fallecimiento de su padre dice⁶: “*tras pasar seis semanas del fallecimiento de mi padre, envió a la Royal Society de Londres un pequeño estuche con microscopios hechos de plata, cuyo mineral fue extraído por mi querido padre con sus propias manos*”; no es la única referencia a este hecho; así, el 5 de julio de 1707 existe una carta del propio Antony van Leeuwenhoek dirigida a Antonio Magliabechi, en la que se hace referencia¹⁹ a sus experimentos para extraer la plata con ácido nítrico, sulfúrico y ácido hipoclorhídrico.

Por lo que respecta a la composición de la lente, es rica en óxido de silicio (SiO₂) con una concentración de óxido potásico superior al óxido de sodio; esto es razonable ya que los cristales para óptica (vidrios potásicos) tienen una concentración superior a la de los vidrios sódicos (típicos del cristal veneciano). Todo ello la convierte en una lente de alta calidad realizada por pulido (no se ven las burbujas características del soplado de vidrio).

El poder de aumento de una lente está determinado por el grado de curvatura de su superficie y la distancia focal. En las lentes convexas mientras mayor sea la curvatura, menor será la distancia focal y mayor será el aumento, como es este caso. La alta calidad de la lente (160x) la convierte en la tercera, tras la de Utrecht (266x) y la de Munich (167x).

La resolución es la capacidad que tiene un sistema óptico de aislar dos puntos que se encuentran muy próximos entre sí, de manera que se puedan ver individualizados uno del otro. La riqueza de detalles que puede ser observada al microscopio depende de la habilidad del microscopio para hacer que los puntos del objeto que están muy cercanos aparezcan en la imagen como puntos separados. Mientras más corta sea la distancia entre esos puntos del objeto, más finos serán los detalles. La distancia entre esos dos puntos se conoce como límite de resolución (o poder de resolución). En este caso el índice de refracción (resolución) es de 1.52 μm , lo que la convierte en la segunda, tras la de Utrecht (1.35). Es sorprendente la habilidad de Leeuwenhoek para lograr este poder de aumento y de resolución, sin duda gracias a su extraordinaria capacidad técnica para el pulido y soplado de vidrio (probablemente donde radicaría uno de sus secretos).

Todos los datos (placa de latón, tornillos de ajuste, punzón de muestras y cristal de la lente) orientan a un proceso totalmente manual, proceso que Leeuwenhoek trató de mantener en secreto toda su vida. Es más, un aspecto muy importante relacionado con la lente es la importante abrasión que presenta.

Los datos muestran que la dirección y la forma que presenta en el estudio con la SEM indica que se trata de algo intencional; algunos autores, tales como Blanchard²⁰, creen que en realidad destruyó sus mejores microscopios al final de su vida con la idea de continuar a los ojos del mundo como un observador único “*Por lo que no es imposible que en su vejez, un hombre caracterizado por una desconfianza perpetua, fuese traicionado por la debilidad de un espíritu poco cultivado y hubiera eliminado sus mejores instrumentos con la perspectiva de continuar a los ojos de la posteridad como un observador incomparable*”

En absoluto es descartable esta opinión ya que la personalidad de Leeuwenhoek muestra rasgos claros de desconfianza y de ser una persona muy celosa de sus hallazgos, tal y como refrendan los textos que nos han transmitidos personas de su máxima confianza.

Una de esas personas, Rainier de Graaf, la persona que lo presenta a la Royal Society sociedad en 1673 hace un comentario muy revelador²: “*como teórico falla, como observador es excepcional, como trabajador es muy celoso*”.

Además, los 26 microscopios enviados a la Royal Society fueron estudiados años más tarde por Henry Baker, un miembro de la Royal Society que los tuvo en su poder durante tres meses para su examen. Sus conclusiones son muy claras y bien fundadas: “*los mejores microscopios de Leeuwenhoek, que hizo grandes descubrimientos, debían tener unos mayores aumentos que cualquiera de los enviados a la RS*”. Este detalle muestra, que ni siquiera tras su fallecimiento, les hizo llegar los mejores que tuvo en su poder. Sin duda se deshizo de ellos; una posibilidad era simplemente que los arrojase al canal (a escasos metros de su ventana) y que el microscopio ahora hallado sea uno de ellos.

CONCLUSIÓN

Tras trescientos años en el lodo, se ha encontrado un nuevo microscopio de Antony van Leeuwenhoek en Delft, Holanda, su lugar de nacimiento y donde vivió y trabajó toda su vida. Es el “hermano gemelo” del que figura en el museo Boerhaave de Leiden (también hecho del mismo material, latón, y que tiene un aumento menor, de 118x y que estuvo durante generaciones en la familia Haaxman, descendientes directos de la familia Leeuwenhoek). El recientemente descubierto tiene un aumento mayor (160x) y, lo mismo que sucede con su gemelo, es el único que presenta una característica única: tres agujeros en el tornillo. Todas estas características arrojan un microscopio único, excepcional.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hooke R. Micrographia: or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses. London: J. Martyn. Allestry for the Royal Society; 1665.
2. Graaf R. Rainier de Graaf to the Royal Society, Letter 1. Phil Trans 1673; vol. VIII (94):3067.
3. Dobell C. Antoni van Leeuwenhoek, dated at Delft, to Robert Hooke. 13 May 1680. Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals". London: John Bale, Sons & Danielsson [available in reprint, 1960, New York: Dover Publications Inc]; 1932.
4. Dobell C. Antoni van Leeuwenhoek, dated at Delft, to Henry Oldenburg. 9 october 1676. Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals", London: John Bale, Sons & Danielsson [available in reprint, 1960, New York: Dover Publications Inc]; 1932.
5. Dobell C. Antoni van Leeuwenhoek, dated at Delft, to the Royal Society. 2 August 1701. Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals", London: John Bale, Sons & Danielsson [available in reprint, 1960, New York: Dover Publications Inc]; 1932.
6. Dobell C. María van Leeuwenhoek, dated at Delft, to the Royal Society. 4 october 1723. Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals", London: John Bale, Sons & Danielsson [available in reprint, 1960, New York: Dover Publications Inc]; 1932.
7. Dobell C. Antoni van Leeuwenhoek, dated at Delft, to Henry Oldenburg. 11 February 1675. Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals", London: John Bale, Sons & Danielsson [available in reprint, 1960, New York: Dover Publications Inc]; 1932.
8. Seters WH. Antoni van Leeuwenhoek in Amsterdam. Letter. The Royal Society 1951;1:10.
9. Ford B. The Leeuwenhoek Legacy. Bristol: Biopress & London, Farrand Press; 1991.
10. Fournier M. The Fabric of Life, Microscopy in the Seventeenth Century. Baltimore & London: The Johns Hopkins University Press; 1996.
11. Fournier M. De doos van Pandora. Gewina 2002; 25:70-74.
12. Dobell C. Antoni van Leeuwenhoek, dated at Delft, to Robert Hooke. 3 March 1682. Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals", London: John Bale, Sons & Danielsson [available in reprint, 1960, New York: Dover Publications Inc]; 1932.
13. Dobell C. Branches of the vascular system, observed in the wing of a night-moth (Noctuidae, "Uyltje"). Missive 73. Delft June 24, 1692 to the Royal Society. Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals", London: John Bale, Sons & Danielsson [available in reprint, 1960, New York: Dover Publications Inc]; 1932.
14. Dobel C. Antoni van Leeuwenhoek, dated at Delft, to William Brouncker. 16 October 1677. Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals", London: John Bale, Sons & Danielsson [available in reprint, 1960, New York: Dover Publications Inc]; 1932.
15. Dobell C. Antoni van Leeuwenhoek, dated at Delft, to Thomas Gale. 14 June 1680. Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals", London: John Bale, Sons & Danielsson [available in reprint, 1960, New York: Dover Publications Inc]; 1932.
16. Dobell C. Antoni van Leeuwenhoek, dated at Delft, to Henry Oldenburg. 7 september 1674. Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals", London: John Bale, Sons & Danielsson [available in reprint, 1960, New York: Dover Publications Inc]; 1932.
17. Dobell C. Antoni van Leeuwenhoek, dated at Delft, to Francois Aston. 12 september 1683. Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals", London: John Bale, Sons & Danielsson [available in reprint, 1960, New York: Dover Publications Inc]; 1932.
18. Ford B. Deepening mystery of disappearing microscope. Laboratory news. Special Report 2015; february, 12.
19. Dobell C. Antoni van Leeuwenhoek, dated at Delft, to Antonio Magliabechi. 5 July 1707. Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals", London: John Bale, Sons & Danielsson [available in reprint, 1960, New York: Dover Publications Inc]; 1932.
20. Blanchard E. Les travaux de Leeuwenhoek. Revue des deux mondes 1868;15:398-420.

EL PROYECTO LIFE ISEAS

SOLUCIONES INNOVADORAS PARA LA REDUCCIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS PESQUEROS

Abad Vidal, Emilio; Landeira Vega, Francisco; Ovalle Macías, Juan Carlos.

Fundación Pública Galega Centro Tecnolóxico de Supercomputación de Galicia (CESGA)

EL PROYECTO LIFE ISEAS

La FAO define los Descartes o capturas descartadas como “esa porción de la materia orgánica total de origen animal en la captura, la cual es desaprovechada, o vertida en el mar por cualquier razón”. No incluye otro tipo de materiales como vegetales y desechos tales como vísceras o entrañas. Actualmente es uno de los mayores problemas de la pesca, tanto de un punto de vista socioeconómico como medioambiental.

Los descartes representan una pérdida de recursos marinos de gran valor, y desempeñan un papel importante en el agotamiento de las poblaciones marinas. Además implican una serie de impactos adversos, tanto ecológicos como socioeconómicos.

Entre los impactos ecológicos adversos podemos resaltar los cambios que se producen en los ecosistemas y estructuras globales de las redes tróficas. El descarte de individuos, juveniles o maduros, de las especies objetivo de la pesca; provoca la reducción de la biomasa reproductora, por lo que además se pone en riesgo el futuro de dichas especies. Además se producen impactos socioeconómicos, pues el pescado descartado no contribuye a la generación de ingresos en la pesca. Si éste no se capturase, representarían un recurso para el futuro y el mantenimiento de la industria pesquera depende totalmente del mantenimiento de los ecosistemas en buen estado.

Los descartes se consideran una pérdida inaceptable de recursos pesqueros, por lo que una nueva Política Pesca Común (PPC) en el Reglamento nº 1380/2013 del Consejo, 11 de diciembre de 2013 ha sido establecida por la Comisión



FIGURA 1: Los descartes es la porción de materia orgánica deshechada en un lance de pesca.

Europea con el fin de mitigar y prohibir su práctica, como aparece en su artículo 13. La PPC pretende garantizar que la pesca y la acuicultura sean sostenibles desde el punto de vista medioambiental, económico y social. Esto lleva a adoptar

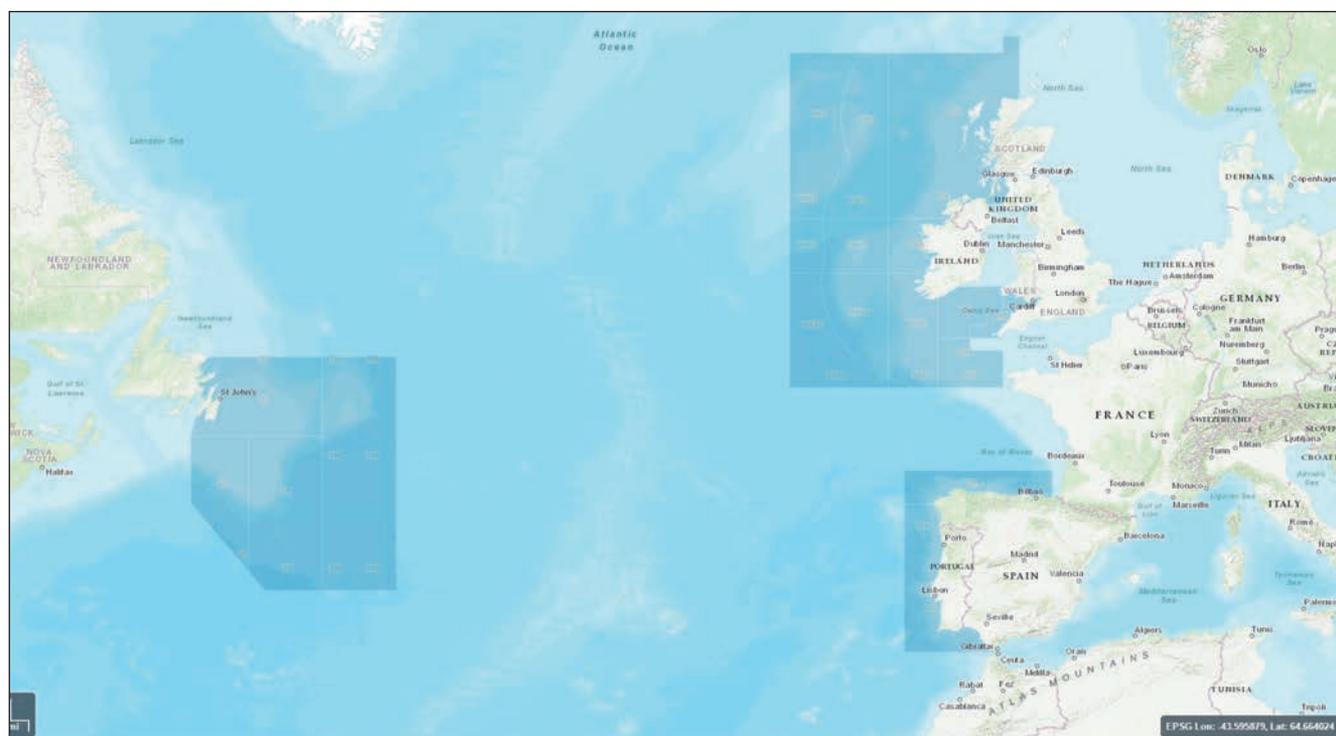


FIGURA 2: Regiones de interés y pesquerías objetivo en el geoportál del proyecto LIFE iSEAS.

un enfoque cauteloso que reconoce el impacto de la actividad humana en todos los elementos del ecosistema.

Las implicaciones de este nuevo Reglamento suponen que para el año 2019 no se podrán descartar todas las especies que estén sujetas a una cuota de captura y a un tamaño legal mínimo. Por lo tanto, estas especies deberán cuantificarse a bordo de los barcos en el momento de la captura y mantenerse a bordo hasta su desembarque en puerto. En ese momento, serán a su vez cuantificadas en relación a las cuotas establecidas, y procesadas teniendo en cuenta que el pescado de menor tamaño no podrá ser comercializado para el consumo humano directo.

El proyecto LIFE iSEAS¹ se enmarca dentro de la convocatoria europea LIFE, que es el instrumento financiero de la UE mediante el cual se apoyan proyectos medioambientales de conservación de la naturaleza y acción climática en toda la UE.

El proyecto iSEAS LIFE ha tenido una duración de 48 meses entre julio de 2014 y junio de 2018. Coordinado por el Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, han participado

centros de investigación como el Centro Tecnológico del Mar – Fundación CETMAR, el Centro de Supercomputación de Galicia – CESGA, la Universidad de Santiago de Compostela, el Instituto Español de Oceanografía – IEO; así como empresas privadas como la Organización de Productores de Pesca Fresca del Puerto y Ría de Marín y los Talleres Josmar S.L.

Las regiones de interés y pesquerías objetivo en las que se ha centrado el proyecto incluyen campañas oceanográficas en caladeros del norte y noroeste peninsular, zonas NAFO y Porcupine. También en buques de la flota de arrastre en caladeros del noroeste peninsular y Portugal, con una pesquería multiespecífica que supone el trabajo con una amplia gama de tamaños de individuos. En estas áreas han participado diferentes buques oceanográficos como el Miguel Oliver y el Vizconde de Deza, además de barcos comerciales como el Portosanto, Nuevo San Cibrán y Ría de Marín.

OBJETIVOS

El principal objetivo es demostrar que un escenario sostenible es posible en las pesquerías de la UE, tanto en términos de indicadores biológicos como socioeconómicos. Este objetivo puede ser alcanzado mediante la mejora de la puesta en

¹ Knowledge-Based Innovative Solutions to Enhance Adding-Value Mechanisms towards Healthy and Sustainable EU Fisheries.

práctica tanto de los conocimientos existentes, como de soluciones innovadoras para la reducción y gestión de los descartes pesqueros.

El paradigma del proyecto LIFE iSEAS se basa en dos premisas fundamentales. En primer lugar las zonas de pesca. Si se conociesen con precisión y en tiempo real las zonas con altas niveles de descartes, otros barcos que trabajan en la misma zona, podrían tratar de evitar estas zonas de pesca.

En segundo lugar el uso eficiente de los recursos. Actualmente se utiliza una importante cantidad de materia orgánica procedente de la pesca para producir harina de pescado y/o aceite, generándose productos de bajo o medio valor añadido. Si la captura no deseada se mantiene a bordo y posteriormente se descarga en puerto, se abre la oportunidad de utilizar esa biomasa de una forma más eficiente, convirtiéndose en una fuente complementaria de ingresos para la industria.

Para demostrar la validez de este enfoque y garantizar la sostenibilidad de las pesquerías, deben incluirse datos precisos sobre los tipos de descartes, sus volúmenes y las zonas de pesca donde se encuentran. Además, conocer los problemas relacionados con la gestión de los descartes, desarrollar procedimientos técnicos para obtener productos específicos con esta materia prima y valorar los aspectos socioeconómicos relacionados con las diferentes etapas de la cadena de valor.

En relación con el objetivo principal, el proyecto iSEAS ha centrado su actividad en cuatro líneas de trabajo fundamentales:

- Cuantificar automáticamente toda la captura que se realiza en cada uno de los buques. Esta tarea se realiza mediante la implementación y funcionamiento de los sistemas iObserver y Redbox. Para ello se han instalado un conjunto de tecnologías estandarizadas capaces de realizar el mismo trabajo que realizan observadores cualificados en los buques de pesca.
- Optimizar la actividad pesquera a través de la definición de herramientas fiables, basadas en modelos matemáticos que analizan las condiciones espaciotemporales de las áreas de pesca objeto de estudio. Estas herramientas ayudan en la toma de decisiones en tiempo real sobre la actividad pesquera, además de la definición de áreas, períodos y especies más apropiadas en términos de descarte más bajos. Así mismo, desarrollar políticas de corta duración y eficaces sobre los recursos marinos y áreas de pesca, que garanticen los stocks de poblaciones mediante la captura selectiva y aumenten el rendimiento de la pesca comercial.

- Definir una instalación completamente operativa en tierra, que se emplea para los procesos de valorización de descartes y su comercio, que en el marco del proyecto se denominará iDPV (Punto para el Procesado Integral y la Valorización de Descartes).

- Demostrar los impactos / beneficios medioambientales y socio-económicos que tendrán en el sector pesquero la aplicación de las soluciones innovadoras propuestas así como el nuevo modelo de gestión.

LOS SISTEMAS IOBSERVER Y REDBOX: LA CUANTIFICACIÓN DE CAPTURAS

La cuantificación total de la captura realizada por cada uno de los buques en cada lance de pesca, se ha realizado mediante la instalación de tecnologías a bordo de los buques que permiten realizar la misma tarea que un observador cualificado, pero en este caso de forma automática. Estas tecnologías se basan en dos sistemas el **iObserver** y el **Redbox**.

El **iObserver** está basado en una cámara de reconocimiento de alta resolución que permite la identificación de especies y cuantificación de toda la captura a bordo de un buque, teniendo en cuenta además las tallas de los individuos. Este registro electrónico se realiza sin interferir en la actividad normal de los pescadores. Se compone de una caja sellada herméticamente de unos 18 kg de peso y con una pantalla táctil, una cámara matricial, un ordenador industrial con software de reconocimiento de imágenes que permite identificar colores, texturas y formas; y un sistema de iluminación mediante barras de led con difusores de luz.

Su instalación se realiza sobre una cinta transportadora, en la que las capturas de un lance van pasando y la cámara va tomando imágenes. Para el reconocimiento se realizan una serie de tareas previas como son la configuración de la cámara con los parámetros de marco de foto, ganancia y tiempo de exposición, calibración del sistema en función de las condiciones de luz de los diferentes barcos.

El sistema además tiene un catálogo de entrenamiento, con fotografías de ejemplares de cada especie conocida y una campaña definida en donde se recogen las especies que se pretenden capturar.

En el momento en que el pescado comienza a discurrir por la cinta transportadora, el iObserver toma imágenes que son analizadas por el software de reconocimiento y se genera un archivo de texto en el que cada línea es un ejemplar reconocido, y se almacenan hora de registro, especie

identificada, tamaño y peso, además del grado de confianza en el proceso.

Una vez terminada la cuantificación de la captura del lance el iObserver transmite en tiempo real los datos obtenidos al segundo sistema de registro el **Redbox**. Esta aplicación está instalada en un ordenador dentro del buque que se encuentra conectado por un cable de red al iObserver. El Redbox es el responsable de recopilar los datos generados por el sistema de reconocimiento a través de la visión artificial y contextualizar la información relacionada con la marea y el lance. Para ello se conecta con diferentes instrumentos de navegación de la nave y recoge información a intervalos periódicos sobre el posicionamiento, el rumbo, la velocidad y la profundidad.

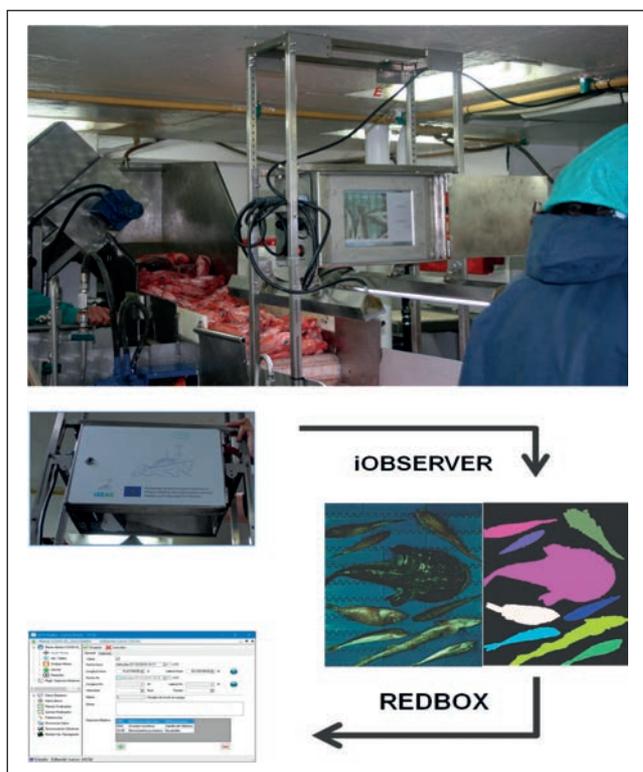


FIGURA 3: Esquema de trabajo de identificación de especies e individuos mediante el sistema iObserver y su conexión con el programa Redbox.

Además del registro automático que provienen del iObserver y la instrumentación de navegación del barco, el sistema permite la edición manual de los datos, además de otras funcionalidades como la visualización de la información recogida en un visor de mapas georreferenciado; o funciones de regularización de datos que garantizan la calidad de la información recogida.

El sistema de captura de datos mediante el iObserver y el Redbox fue probado en varias campañas a bordo de los buques, tanto oceanográficos como comerciales. Las pruebas permitieron depurar el funcionamiento del software y, en colaboración con los observadores encargados de su operación, se detectaron y acordaron mejoras en cuanto a su uso en un entorno real de trabajo, especialmente en lo que se refiere a la interacción entre el software y el operador que esté encargado de su manejo, automatizar al máximo los procesos de captura de datos y agilizar su operatividad. Observadores del IEO se encargaron de operar el software RedBox en las campañas oceanográficas y del IIM en las campañas de los comerciales.

SERVICIOS GEOGRÁFICOS PARA LA INTEROPERABILIDAD DE LA INFORMACIÓN SOBRE DESCARTES

Una vez realizada la documentación de las capturas, se realiza la transmisión de la información al centro de análisis, en este caso el CESGA que recibe la información en tiempo real y la organiza dentro un sistema que permite su almacenamiento, análisis y publicación a partir de estándares de una Infraestructura de Datos Espaciales. Con la integración de esta información conseguimos tratar otros dos aspectos fundamentales del proyecto: la búsqueda de reducir/evitar la captura no deseada y evaluar el impacto ambiental y socioeconómico de los descartes.

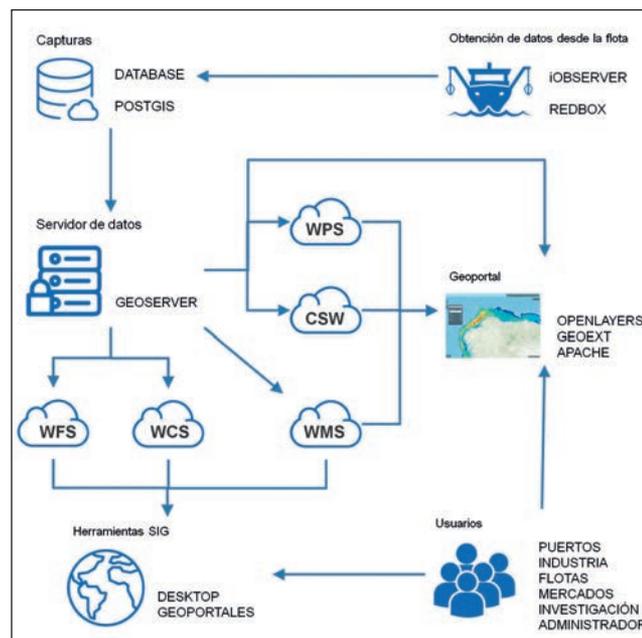


FIGURA 4: Arquitectura global del proyecto LIFE iSEAS.

Los datos de captura en tiempo real recibidos en el CESGA, se recogen en una base de datos espacial implementada con tecnologías de software libre, en concreto PostgreSQL y su extensión espacial PostGIS. Para el almacenamiento de la información se diseñó un modelo de datos que cumpliera unos requisitos iniciales del proyecto, que se fue refinando a lo largo de su evolución. Este modelo se diseñó para poder representar las clases de entidades que se identificaron, como áreas de pesca, caladeros, especies objetivo, arte utilizado... y un largo etcétera de elementos; que mediante la automatización de muchos de los pasos para su almacenamiento, nos permitiera la clasificación de las capturas en función de la obligatoriedad de desembarque y comerciabilidad desde un punto de vista condicionado por la normativa:

- Retenida comercializable: venta en lonja para consumo humano directo, ya sean capturas habituales o nuevas capturas que se puedan desembarcar en el marco de la obligación desembarque.
- Retenida no comercializable: obligada a desembarque y destinada a otras valorizaciones.
- Descartada: captura no obligada a desembarcar y devuelta al mar.

También se clasificaron las capturas desde un punto de vista económico en dos categorías:

- Deseada: solo la retenida comercializable de interés comercial.
- No deseada: retenida comercializable pero con insuficiente valor comercial, la retenida no comercializable y la descartada.

A partir de esta base de datos donde se almacena la información y se distribuye mediante el servidor de código abierto para compartir datos geoespaciales, Geoserver; diseñado para la interoperabilidad de la información y su publicación a partir de estándares abiertos.

La nueva política de pesca de la Unión Europea supone un sistema integrado de información para la gestión de la pesca. Esto responde a la necesidad de los usuarios de conocer la calidad de los datos y permitir avanzar en la gestión de las pesquerías. En el proyecto se ha desarrollado una Infraestructuras de Datos Espaciales IDE, que está de acuerdo con la Directiva INSPIRE 2007/2.

El acceso a través de los estándares abiertos, nos permite una completa interoperabilidad de los datos, que pueden de esta manera, ser utilizados de diferentes formas y por muy

variados perfiles de usuarios. Entre estos perfiles, podemos citar industrias, flotas pesqueras, investigadores, miembros de la administración o el público en general. Cada uno de estos perfiles tienen una serie de permisos para consultar o descargar diferentes niveles de información, básica o más completa. El uso de los servicios desplegados mediante el servidor de datos geoespaciales, puede realizarse a través de dos vías.

En primer lugar podemos utilizar cualquier software de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el acceso a estos datos a partir de dos tipos de servicios: el WFS y el WCS. Estos servicios conocidos como de descarga, permiten la conexión directa con la información del sistema y operar con ellos como si de una capa que estuviese almacenada de forma local. El servicio WFS (Web Feature Service) permite el acceso a un servicio web de fenómenos y el acceso y edición de datos geográficos en remoto. Se hace a nivel de objeto geográfico, es decir obteniendo los elementos uno a uno, pudiendo acceder a su información. Dentro del proyecto LIFE ISEAS se han implementado servicios WFS de consulta de forma segura a los datos vectoriales de lances con control por usuario y contraseña, al tratarse de unos datos sensibles que requieren de autenticación para su consulta. El servicio WCS (Service Coverage Service) permite la obtención de datos geoespaciales en forma de cobertura o imagen, que tiene acceso al atributo temático de los píxeles. En el proyecto se han implementado servicios WCS que permiten el acceso a los resultados de los modelos que se calculan en el sistema, como son el índice de adecuación pesquera, modelos de eficiencia energética o de concentración de especies vulnerables.

Además de los citados servicios, están disponibles también servicios WMS (Web Mapping Services). Estos servicios podemos describirlos como de consulta, pues no se accede a los datos directamente, sino que ante una petición de este tipo, el servidor compone una imagen con el espacio geográfico y datos solicitados, que se carga directamente desde donde realicemos la petición, ya sea un Sistema de Información Geográfica, o bien una página que permita cargar este tipo de respuesta. En el caso del proyecto LIFE iSEAS, estos datos son utilizados por un geoportal.

El segundo medio para acceder a la información del sistema es a través de un geoportal, que está construido con un visor de mapas como componente principal, con un mapa de fondo de referencia con batimetría, herramientas de navegación y control de capas disponibles. Dispone de dos versiones: una pública de libre acceso con información genérica y capas con los resultados de algunos modelos estáticos y una privada que, además de la información ofrecida en la pública, permite el

acceso a los datos de pesca, filtrados según los permisos de acceso del usuario, y a los modelos dinámicos de predicción. Un portal de acceso al visor permite elegir entre la entrada a la parte pública o a la privada, que requiere la identificación del usuario y, en función del ROL del mismo, filtra la información a la que puede acceder.

El visor permite por medio de un panel desplegable que el usuario pueda acceder al formulario de búsqueda de capturas que, para una especie y un período de tiempo, muestra en el mapa los lances para la especie seleccionada. Clicando sobre cada lance se muestra una ventana con información detallada: nombre del barco, fecha, especie, peso de captura deseada y peso de captura no deseada. La información que puede consultarse sobre cada uno de los lances depende del rol de cada usuario. Un usuario que entra con el rol de armador puede consultar los datos de capturas de sus barcos en el visor. Un socio del proyecto entrará con el rol de socio y podrá acceder a los datos de todos los barcos.

El visor con el que accedemos a la información, es además una robusta herramienta de modelado para analizar las condiciones espacio-temporales de las áreas de pesca consideradas, en términos de estado de los descartes/stocks. Desde los menús del visor el usuario puede ejecutar modelos matemáticos para predecir la presencia de especies no deseadas en un espacio geográfico determinado. La delimitación de espacios más idóneos para la pesca y que permita reducir el volumen de capturas no deseadas se concreta en:

- la probabilidad de encontrar especies no deseadas
- la probabilidad de encontrar individuos juveniles
- la probabilidad de encontrar especies prohibidas
- modelo de ahorro de combustible (en la relación con la distancia al puerto)

Hay tres tipos de modelos disponibles, todos desarrollados por el IEO: Modelo de Índice de Adecuación Pesquera (FSI), Modelo de Eficiencia de Combustible y los modelos de concentración de especies vulnerables. Los dos primeros son generados de forma dinámica con los datos de captura existentes en la base de datos del proyecto. Los de especies vulnerables son estáticos y han sido pre-calculados con los datos del IEO.

Modelo Índice de Adecuación Pesquera (FSI)

Dentro de la sección de modelos del visor se incorpora el modelo FSI de adecuación pesquera proporcionado por el IEO.

Para una especie objetivo, el índice FSI indica la probabilidad de que un lugar mantenga los descartes por debajo de una tasa

de descarte admisible dada en función de las características ambientales y los datos de pesca anteriores para un período de tiempo determinado. El concepto FSI ofrece información sobre las mejores áreas aptas para actividades de pesca, minimizando los descartes.



FIGURA 5: Resultado del cálculo del modelo de índice de Adecuación Pesquera desde el geoportal del proyecto iSEAS y visualización en el visor de mapas.

En los parámetros del formulario para la entrada del modelo se debe especificar el metier (el concepto de metier relaciona los caladeros, las áreas de pesca, las especies objetivo y las artes en el modelo de datos). Este es utilizado para categorizar las capturas y para alimentar los modelos de adecuación pesquera, que determinará las áreas de pesca para las que se hará la modelización, una o varias especies objetivo, un intervalo temporal (cuanto más corto, más relevante será la modelización por la cercanía temporal, pero menor será el número de muestras disponibles para alimentar el modelo), filtrado opcional por lances diurnos o nocturnos y, como parámetros avanzados, captura deseada mínima y porcentaje máximo de captura no deseada.

A partir de los parámetros de entrada, se filtran los datos de capturas que alimentan el modelo y se llama al script en lenguaje R que lo calcula.

Los resultados se presentan en una capa en el visor como una malla de puntos con un código de colores que representa el valor del índice de adecuación pesquera para cada punto y en una segunda capa con el resultado medio del índice FSI para las zonas de pesca según las han delimitado en el IEO a partir de datos Vessel Monitoring System (VMS).

Modelo Fuel Efficiency

El segundo modelo del visor es el modelo Fuel Efficiency. Este modelo añade al modelo FSI la parte económica y estima ingresos esperados de la captura y gastos asociados a la actividad pesquera.

Para ejecutar el modelo hay una serie de parámetros para filtrar los datos de pesca que lo alimentan igual que en el modelo FSI: metier, intervalo temporal en días hasta la fecha actual y filtrado opcional por lances diurnos o nocturnos. Adicionalmente hay unos parámetros para configurar las características del barco y su actividad, estos parámetros incluyen: potencia del barco, velocidad de navegación media, precio del combustible, costes fijos por día, puertos de salida y descarga, número de días de la marea, número de lances por día y duración de cada lance. Se puede seleccionar un barco específico y cargar los parámetros ya registrados de mareas pasadas y/o ejecuciones del modelo.

El resultado obtenido muestra la estimación del beneficio por lance para cada zona de pesca.

Modelo de concentración de especies

Los modelos de concentración de especies vulnerables son accesibles tanto desde la parte pública del visor como desde la privada.

Estos modelos identifican las zonas en las que se espera una mayor concentración de ciertas especies protegidas como el pennatuláceo y la raya radiante o de juveniles de especies comerciales como la merluza y la cigala a partir de datos recogidos en campañas científicas del IEO. Se ha elegido una especie por área de referencia del proyecto.

Estos modelos son estáticos, están pre-calculados para años concretos en diferentes áreas del proyecto como son la zona Noroeste de la Península y Cantábrico.

PUNTO PARA EL PROCESADO INTEGRAL Y LA VALORIZACIÓN DE DESCARTES (iDPV)

Uno de los objetivos del proyecto es la gestión y la valorización de los descartes una vez que han llegado a puerto. Esto ha llevado a la definición de una planta piloto completamente operativa, que permite diseñar líneas de trabajo que generan valor añadido sobre los subproductos pesqueros que se derivan de los descartes.

La heterogeneidad de los elementos que podemos encontrar en el descarte de un lance, se clasifican entre los que se pueden destinar a productos de consumo humano (iDVP1) y no consumo humano (iDVP3).

A partir de componentes de los individuos de los descartes como el músculo, se produce pasta de pescado, que puede ser utilizada como materia prima en la industria alimentaria de transformación para la elaboración de diferentes productos dirigidos al consumo humano. Oro tipo de componentes como

pueden ser residuos de piel, espinas, cabezas o vísceras, son destinados a diferentes fines. En primer lugar como base para la alimentación animal a través de elaboración de harinas, aceites, hidrolizados o ensilados. Otros usos pueden derivarse hacia el compostaje, biodiesel o biogás. Finalmente, determinados compuestos específicos pueden resultar útiles para industrias como la farmacéutica, cosmética o biomédica; con el aprovechamiento de componentes específicos como el colágeno, quitina/quitosano, condroitín sulfato y otros.

CONCLUSIONES

El proyecto LIFE iSEAS ha conseguido una evaluación completa de la situación real de las cuestiones relativas a los descartes en aquellos barcos seleccionados como colaboradores del proyecto, centrándose en las implicaciones y los impactos socioeconómicos que las políticas destinadas a la drástica reducción de los descartes (como la nueva Política Pesquera Común - PPC) tendrán sobre el sector de la pesca. Los resultados alcanzados en cada uno de sus objetivos podemos resumirlos en los siguientes puntos:

- El iObserver y el Redbox, un sistema capaz de realizar el trabajo de un observador humano a bordo de un barco (identificación y cuantificación de la biomasa descartada, así como de la captura objetivo), pero sin interferir con las actividades cotidianas de los pescadores. Este sistema mejora la calidad y disponibilidad de los datos y el conocimiento sobre el estado de los recursos pesqueros.
- Un modelo de datos y metadatos y una completa gama de servicios OGC (WMS, WFS, WCS, WPS) para adquirir información de los descartes en una Infraestructura de Datos Espaciales (SDI), que satisfaga la Directiva INSPIRE.
- Una robusta herramienta de modelado para analizar las condiciones espacio-temporales de las áreas de pesca consideradas, en términos de estado de los descartes/stocks. Esta información ya cotejada (campañas de pesca comercial, entrevistas a los tripulantes los barcos pesqueros y el seguimiento de campañas de investigación oceanográficas) será el núcleo para desarrollar políticas prácticamente a tiempo real basadas en los datos obtenidos a partir de las actividades diarias.
- Una instalación piloto real, ubicada en el puerto de Marín, con el fin de procesar, gestionar y comercializar la biomasa descartada que se desembarque, el iDPV (Punto de Valorización y Procesamiento Integral de descartes).

En relación con este objetivo, es posible que se realicen modificaciones en los buques pesqueros seleccionados con el fin de garantizar condiciones que permitan mantener las capturas no deseadas en una condición óptima para su futuro procesamiento en el iDPV.

- Un exhaustivo análisis de los impactos ambientales y socio-económicos generados por las soluciones que se proponen a las comunidades del sector pesquero, así como para toda la región (Galicia). Se ha prestado una especial atención a la generación de capacidades para mejorar la gestión de las capturas no deseadas y reducir los descartes, y en particular involucrar a las empresas pesqueras en la gestión comunitaria de las pesquerías.

REFERENCIAS

1. Unión Europea. Reglamento (UE) N° 1380/2013 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 11 de diciembre de 2013 sobre la Política Pesquera Común, por el que se modifican los Reglamentos (CE) n° 1954/2003 y (CE) n° 1224/2009 del Consejo, y se derogan los Reglamentos (CE) n° 2371/2002 y (CE) n° 639/2004 del Consejo y la Decisión 2004/585/CE del Consejo.
2. Unión Europea. Directiva 2007/2 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de marzo de 2007, por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE). Diario Oficial de la Unión Europea, 25 de abril de 2007, L108/14, pp. 1-14.
3. iSEAS Project. (18 de mayo de 2018). Proyecto iSEAS – Soluciones innovadoras para una pesca sostenible [Archivo de vídeo]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=H8UPUCESukI>
4. iSEAS Project. (12 de junio de 2018). Proyecto iSEAS – planta piloto (English subtitles) [Archivo de vídeo]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=jtPrzYkFkE>
5. iSEAS: Knowledge-Based Innovative Solutions to Enhance Adding-Value Mechanisms towards Healthy and Sustainable EU Fisheries. LIFE iSEAS Project; c2018 [citado 27 de junio de 2018]. Disponible en: lifeiseas.eu
6. Luis T. Antelo; Gundián M. de Hijas-Liste; Amaya Franco-Uría; Antonio A. Alonso; R.I Pérez-Martín. Optimisation of processing routes for a marine biorefinery. *Journal of Cleaner Production*. Volume 104, October 2015, pp. 489-501. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.105>
7. María Grazia Pennino; Raul Vilela; Julio Valeiras; Jose M. Bellido. Discard management: A Spatial multi-criteria approach. *Marine Policy*. Volume 77, March 2017, pp. 144-151. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.12.022>

¿DEBEMOS PREOCUPARNOS POR LA PRESENCIA DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS EN LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES?

Fernández-González, Nuria; Carballo-Costa, María Nieves; Carballa, Marta; Lema, Juan Manuel

Departamento de Ingeniería Química, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela (España).

INTRODUCCIÓN

La nanotecnología está cada vez más presente en la sociedad actual con lo que el número de productos de consumo que incluyen algún tipo de aplicación nanotecnológica está creciendo a un ritmo vertiginoso. Prueba de ello son los 2 trillones de euros que este sector económico movió a nivel global durante el año 2015 (*European Commission CORDIS*). Se considera que la nanotecnología tendrá un papel preponderante en la transición hacia una sociedad más sostenible ya que facilitan el desarrollo de sistemas energéticos más sostenibles, baterías de alta eficiencia, tecnologías inteligentes, etc. Por ello, la Unión Europea considera la nanotecnología como un sector tecnológico clave para impulsar el liderazgo industrial europeo. Sin embargo, también se incide en la importancia de implantar nanotecnologías que en sí mismas sean sostenibles. Y es que, aunque la nanotecnología se viene desarrollando desde hace ya algunas décadas, la investigación sobre sus posibles efectos adversos no ha recibido la misma atención. No fue hasta el año 2006, en el que el Foro Económico Mundial empezó a incluir el concepto de toxicidad de nanopartículas en sus informes sobre riesgos globales, cuando se empezó a crear una mayor conciencia acerca de los riesgos potenciales del uso de nanopartículas sobre el medio ambiente y en la salud humana.

Una de las nanotecnologías de mayor producción mundial y presencia en diferentes tipos de productos son las nanopartículas metálicas, sobre todo las de plata (nano-Ag), dióxido de titanio (nano-TiO₂) y óxido de zinc (nano-ZnO). Estas nanopartículas están presentes en componentes ópticos y electrónicos o en catalizadores; pero sobre todo forman parte de productos domésticos como cosméticos y cremas solares, textiles, suplementos alimenticios, pinturas, recubrimientos y pigmentos (Piccinno *et al.*, 2012; Keller *et al.*, 2013; Vance *et al.*, 2015).

Al formar parte de este tipo de productos, las nanopartículas metálicas son arrastradas por las aguas de lavado domésticas y por las escorrentías de la lluvia por lo que una de las vías principales de emisión de estos contaminantes al medio ambiente son las aguas residuales urbanas. Pero antes de alcanzar el medio natural, las nanopartículas pasan por las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) (Westerhoff *et al.*, 2011; Hoque *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2013). En el presente artículo se revisa el conocimiento existente sobre la presencia, transformaciones fisicoquímicas y efectos en sistemas urbanos de depuración de las nanopartículas metálicas de mayor uso y producción (nano-Ag, nano-TiO₂, nano-ZnO) que representan un problema emergente de contaminación.

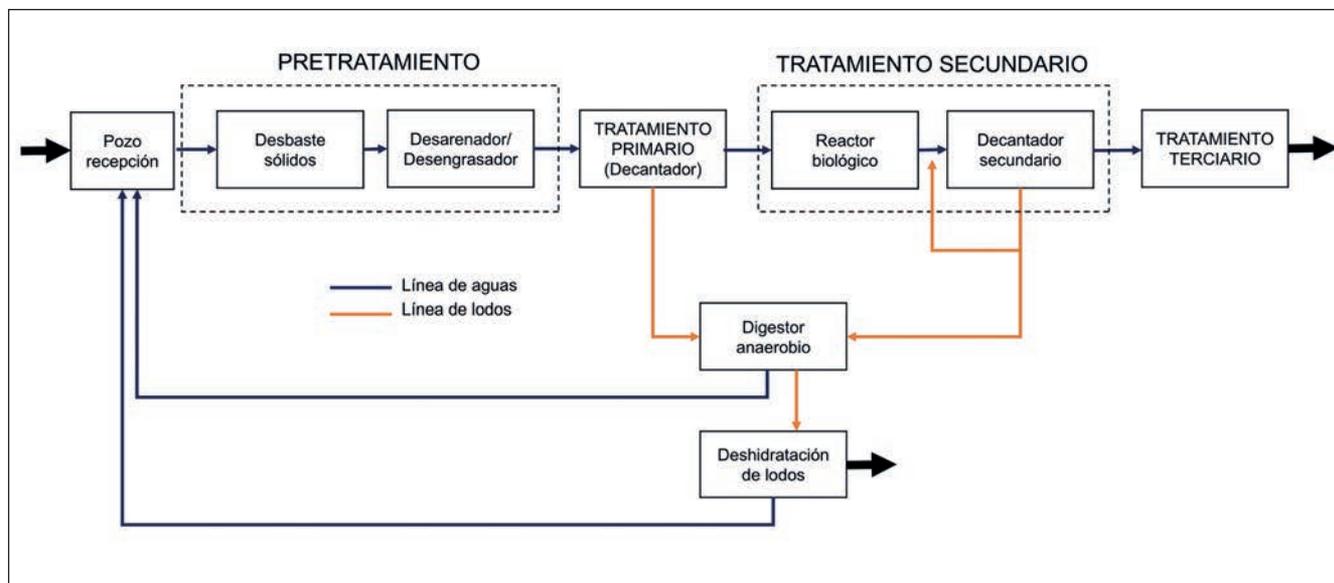


FIGURA 1: Esquema de las fases y líneas de tratamiento de una EDAR. Las flechas negras indican el punto de entrada de las aguas residuales y las salidas de las aguas tratadas y lodos.

FUNCIONAMIENTO DE UNA EDAR

Existe una gran variedad de EDAR pero todas ellas comparten unas líneas generales de proceso que podríamos dividir en: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento de lodos e incluso tratamiento terciario (Figura 1). El pretratamiento consiste en una serie de unidades cuya finalidad es eliminar los sólidos de mayor tamaño y material en suspensión que acompañan al agua residual a la entrada de la EDAR. Entre estas unidades se encuentran las rejillas de desbaste (Figura 2A) y tamices (Figura 2B), así como los canales de desarenado-desengrasado (Figura 2C). La corriente de salida del pretratamiento entra en los decantadores primarios (Figura 2D), en el interior de los cuales se elimina materia orgánica en suspensión mediante un proceso de sedimentación. Tras ello, el agua residual pretratada es sometida a un tratamiento secundario o biológico, en el cual tiene lugar la eliminación de materia orgánica y/o nutrientes mediante la acción de un conjunto de microorganismos aerobios/anóxicos (Figura 2E). El tratamiento biológico más habitual en las EDAR es el proceso de fangos activos el cual consta de un reactor biológico seguido de un decantador. El reactor biológico dispone de sistemas de aireación para favorecer la mezcla del agua residual con los microorganismos, manteniendo además las concentraciones de oxígeno en los valores requeridos para que tenga lugar la degradación de la materia orgánica a dióxido de carbono. La corriente de salida del biorreactor es conducida al decantador secundario

en el cual tiene lugar la separación del agua tratada y los microorganismos. En algunas depuradoras, el efluente del decantador secundario es sometido a un tratamiento terciario antes de ser vertido al medio receptor (ríos, lagos o medio marino). El principal objetivo del tratamiento terciario es incrementar la calidad del efluente final bien sea por la eliminación de patógenos (cloración, aplicación de luz ultravioleta u ozonización) o de otro problema específico como puede ser la presencia de materia en suspensión residual (filtración o flotación).

Como resultado de los procesos de sedimentación de los decantadores primario y secundario surgen unas corrientes con altas concentraciones sólidos: los fangos o lodos. Dichos fangos pueden ser sometidos a procesos de digestión anaerobia con un doble objetivo, reducir su volumen y proceder a su estabilización, así como generar biogás, una fuente alternativa de energía. La digestión anaerobia es un proceso biológico de degradación anaerobia de materia orgánica hasta metano y dióxido de carbono que, al igual que el tratamiento secundario, es un proceso biológico llevado a cabo por una comunidad de microorganismos muy diversa que trabajan de manera simbiótica. Una vez completada la digestión, los lodos estabilizados se someten a procesos de deshidratación (secado o filtrado) para disminuir el volumen de agua de los mismos. Estos fangos (Figura 2F) pueden ser empleados como abono dentro de los supuestos establecidos por la legislación vigente.



FIGURA 2: Ejemplos de algunos procesos del tratamiento de las EDAR. Reja de desbaste de sólidos gruesos (A), tamiz de desbaste de sólidos finos (B), canal desarenador-desengrasador a la izquierda de la imagen (C), decantador primario (D), reactor biológico de fangos activos (E). Resultado final del tratamiento de lodos: fango deshidratado (F).

NANOPARTÍCULAS METÁLICAS COMO CONTAMINANTES EMERGENTES EN SISTEMAS DE DEPURACIÓN Y EN EL MEDIO AMBIENTE

Dada la tendencia del sector nanotecnológico, se espera que el uso y producción mundial de nanopartículas metálicas se incrementen con el tiempo y con ello su presencia en las aguas residuales urbanas. El problema radica en que las EDAR no están diseñadas para tratar o retener estas nanopartículas que podrían liberarse al medio ambiente, ya sea a través del agua tratada; contaminando las aguas superficiales, o bien a través de los lodos, llegando a los suelos agrícolas al utilizarse como abono.

Los efectos de las nanopartículas sobre el medio ambiente o en la operación de las propias plantas de tratamiento, dependen de diversos factores que determinan su capacidad de transporte, biodisponibilidad y toxicidad. Entre estos factores encontramos la concentración ya que a mayor concentración de nanopartícula mayor toxicidad; pero también el estado de agregación (partículas individuales o agregadas) y la especiación química (por ej. Ag metálica o Ag⁺). Tanto la agregación de las nanopartículas como la especiación química dependen a su vez de las características fisicoquímicas inherentes de la nanopartícula (tamaño, forma, morfología estructural, recubrimiento, etc.) así como del propio medio acuoso en el que se encuentren (pH, contenido de materia orgánica, fuerza iónica, etc.) (Bian *et al.*, 2011; Domingos *et al.*, 2013). Por ejemplo, en un medio acuoso, ligeramente ácido y en presencia de oxígeno la nano-Ag se oxida liberando cationes Ag⁺ (Liu and Hurt, 2010) que pueden formar complejos con aniones cloruro y sulfuro presentes en el agua. Además, la disolución de la nano-Ag aumenta con la relación molar Cl/Ag presente en el medio acuoso pudiendo dar lugar a la formación de policloruros de plata (Levard *et al.*, 2013). Sin embargo, tanto el nano-TiO₂ como el nano-ZnO se caracterizan por su baja reactividad y solubilidad en agua, aunque este último se mantendrá como Zn(OH)⁺ en condiciones de pH ligeramente ácido (Reichle *et al.*, 1975; Valtiner *et al.*, 2008; Kiser *et al.*, 2009).

La especiación química de las nanopartículas es clave en su toxicidad. Aunque los mecanismos exactos de toxicidad sobre microorganismos no son totalmente comprendidos, las hipótesis más aceptadas indican que la causa de la toxicidad de las nanopartículas metálicas es la liberación de cationes de metales pesados, que son tóxicos para gran número de organismos; o bien a la aparición de especies reactivas de oxígeno. Estas últimas, inducen la oxidación de las moléculas celulares y el desajuste de la homeostasis celular (Liu and Wang, 2012). Otra hipótesis complementaria es que

las nanopartículas pueden penetrar la pared celular de los microorganismos y resultar tóxicas al entrar en contacto e interactuar con las proteínas y fosfolípidos de la membrana celular que puede dañarse e incluso romperse (Eduok *et al.*, 2013).

La falta de conocimiento de los mecanismos de toxicidad junto con la complejidad de los factores que influyen en la especiación y agregación de las nanopartículas en medios acuosos complejos y ricos en materia orgánica como son las aguas residuales hace que, hoy en día haya un gran desconocimiento a cerca de estado en el que se encuentran estas partículas y su potencial tóxico en el medio ambiente en general y en las EDAR en particular.

DE CAMINO A LA EDAR

Como hemos visto, la concentración es, posiblemente, uno de los factores claves en la toxicidad de las nanopartículas metálicas. A pesar de ello, la información sobre las concentraciones actuales de las nanopartículas metálicas en las aguas residuales es bastante limitada. En general, se ha estimado que las concentraciones se encuentran en el rango del mg/L a µg/L (Wang and Chen, 2015), datos confirmados por las pocas mediciones reales disponibles (Tabla 1).

TABLA 1. CONCENTRACIONES REALES EN INFLUENTES DE EDAR

Nanopartícula	Concentración (µg/L)	Referencia
Nano-TiO ₂	166 - 5000	Kiser <i>et al.</i> , 2009
	302 - 2057	Westerhoff <i>et al.</i> , 2011
Nano-Ag	0,06 - 1,5	Li <i>et al.</i> , 2009
	1,9 - 2,16	Hoque <i>et al.</i> , 2011

Existen dos tipos de alcantarillado según la forma de movilizar el agua a través de ellos. Por un lado, existen sistemas que funcionan por bombeo lo que mantiene completamente inundada la sección de la conducción creando un ambiente anaerobio. Por otro están los sistemas que funcionan por gravedad solo inundan una parte de la sección, con lo que el ambiente en los mismos es aerobio. A día de hoy

sólo se han estudiado los sistemas anaerobios donde las nanopartículas sufren procesos de sulfuración dando lugar a sus correspondientes sulfuros metálicos, que son compuestos de baja solubilidad (Kaegi *et al.*, 2013; Brunetti *et al.*, 2015).

EN LAS EDAR

Transformaciones y destino de las nanopartículas en las EDAR

Una vez que las nanopartículas alcanzan una EDAR, es necesario conocer que procesos transformación química sufren y su vía de salida de la EDAR para evaluar el posible riesgo para el medio ambiente y la salud humana. Los pocos estudios existentes encontraron que mayor parte de las nanopartículas metálicas que entran en las EDAR son retenidas en los lodos, principalmente en forma de sulfuros, y sólo una pequeña cantidad se encuentra en el efluente. Por ejemplo, en un estudio con nano-Ag se observó que el 85 % de las nanopartículas introducidas en un biorreactor se encontraban asociadas a los lodos tras 43 días de operación, transformándose en sulfuro de plata durante el proceso de tratamiento (Kaegi *et al.*, 2011). Otras nanopartículas metálicas (nano-TiO₂ y nano-ZnO) sólo se han estudiado por simulación (Barton *et al.*, 2015). Según esta, más del 90% de las nanopartículas se asocian a la biomasa y mientras que, las nano-TiO₂ no sufren transformación alguna durante el proceso de tratamiento; las nano-ZnO se transforman a sulfuro de zinc (ZnS) en sistemas con condiciones anaerobias y a mezclas de sulfuro de zinc, fosfato de zinc (Zn₃(PO₄)₂) asociado a oxihidróxidos de hierro en sistemas aerobios.

TABLA 2. CONCENTRACIONES REALES EN LODOS DE EDAR

Nanopartícula	Concentración	Referencia
Ag	1,94 - 856 µg Ag/g SST*	USEPA 2009
TiO ₂	0,03 - 11,71 mg TiO ₂ /g SST*	
ZnO	0,27 - 10,65 mg ZnO/g SST*	

* SST: sólidos solubles totales, una medida de la cantidad de biomasa total

La exposición continua de los fangos a las nanopartículas causa su bioacumulación en los mismos, por lo que es esperable que la concentración de las nanopartículas en la

biomasa sea elevada. Existen muy pocas medidas reales de nano-Ag, TiO₂ y ZnO en lodos de EDAR urbanas (Tabla 2), aunque sí son más elevadas que las encontradas en aguas residuales (Tabla 1).

Efectos de las nanopartículas metálicas sobre el funcionamiento de las EDAR.

En los procesos de tratamiento de aguas residuales están involucradas una gran cantidad de especies de microorganismos cuyas actividades soportan el funcionamiento de la EDAR, y que pueden verse afectadas por las propiedades antimicrobianas de las nanopartículas metálicas lo que causaría la pérdida de la eficiencia de la depuradora. En los lodos activos convencionales se pueden desarrollar poblaciones de microorganismos que desarrollan actividades heterotróficas (oxidación de la materia orgánica), nitrificantes (oxidación de amonio a nitrato) y desnitrificantes (reducción de nitrato a nitrógeno gas que es eliminado) entre otras. Actualmente no existe consenso acerca del impacto de las nanopartículas sobre estas actividades debido a los resultados contradictorios de los estudios realizados; aunque en general, las actividades microbianas relacionadas con la eliminación de nitrógeno son las que suelen verse más afectadas.

Por ejemplo, la presencia de nano-Ag puede afectar a la nitrificación. Se ha observado tanto la falta de efecto sobre la nitrificación como inhibiciones parciales o totales para concentraciones de nano-Ag entre 0,05 y 40 mg/L incluyendo sinergias con nano-TiO₂ y nano-ZnO (Liang *et al.*, 2010; Eduok *et al.*, 2015; Ma *et al.*, 2015). Por otro lado, altas concentraciones de nano-ZnO afectan a eficacia de eliminación de materia orgánica; pero mientras que en algunos estudios se indican que también se inhibe la actividad nitrificante, otros autores indican que se inhibe la actividad desnitrificante (Westerhoff *et al.*, 2013; Musee *et al.*, 2014). Curiosamente, a pesar de que las nano-TiO₂ presentan una muy baja disolución, pueden causar la inhibición de la nitrificación, de la desnitrificación, y ocasionalmente, de la eliminación de materia orgánica (Zheng *et al.*, 2011, 2015, Li *et al.*, 2014, 2015, 2016; Supha *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2016); una indicación de que estamos muy lejos de entender los mecanismos de toxicidad de las nanopartículas en medios químicamente tan complejos como las aguas residuales.

Como ya hemos visto, todos los datos apuntan a que la principal vía de salida de las nanopartículas es asociada a los fangos donde se bioacumulan. Antes de salir de la depuradora, los fangos pueden ser sometidos a la digestión anaerobia, proceso biológico con cuatro fases: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. Se ha encontrado que

las nano-ZnO no afectan a la digestión anaerobia a bajas concentraciones (en torno a 1 mg/g SST); en cambio, a medias y altas concentraciones (10-150 mg/g SST) la producción de metano puede inhibirse hasta en un 80% (Mu and Chen, 2011; Mu *et al.*, 2011). Los datos existentes para las otras nanopartículas no son concluyentes. Por ejemplo, mientras que algunos estudios apuntan a que las nano-TiO₂ no afectan a la producción de metano otros indican que su presencia puede producir un efecto positivo en la capacidad de generación de metano (García *et al.*, 2012). La nano-Ag es con diferencia la nanopartícula más estudiada, pero a pesar de ello, también hay grandes contradicciones en cuanto a sus impactos en digestión anaerobia; con estudios que indican inhibiciones entre el 10-80% (Yang *et al.*, 2012) y otros que no observaron efectos incluso a concentraciones elevadas (García *et al.*, 2012; Doolette *et al.*, 2013).

El descenso en la generación de biogás se suele atribuir a la liberación de iones metálicos por parte de las nanopartículas. Esta teoría no está completamente corroborada puesto que hay datos que indican la rápida transformación de los iones a sulfuros muy insolubles bajo las condiciones de la digestión anaerobia descartando la presencia de iones en disolución (Lombi *et al.*, 2012). La gran diversidad de factores que controlan las transformaciones fisicoquímicas de las nanopartículas, y por ende la liberación de iones, podría ser la causa de la disparidad de resultados encontrados.

Efectos sobre la biomasa y las comunidades microbianas de las EDAR

La macroestructura de la biomasa es muy importante para el funcionamiento de las EDAR. En los fangos activos se forman flóculos cuya capacidad de sedimentación es clave durante la separación de los fangos y las aguas tratadas. Las nanopartículas metálicas provocan una baja sedimentación de la biomasa ya que se altera la estructura y características de los flóculos de los fangos activos haciendo que su estructura sea más inestable al incrementar la producción de exopolisacáridos (Puay *et al.*, 2015) y porque las nanopartículas tienden a acumularse sobre las superficies celulares donde las fuerzas repulsivas que se establecen entre ellas reducen la capacidad de sedimentación de los flóculos (Yang *et al.*, 2013). La flotación de los fangos es un serio problema de operación de las EDAR que disminuye la eficiencia de depuración al liberar grandes cantidades de materia orgánica a las aguas superficiales receptoras.

Los reactores biológicos no dejan de ser ecosistemas microbianos. Un efecto potencialmente negativo de la presencia de nanopartículas es la disminución de la

diversidad de especies presentes en los fangos activos. La pérdida de especies empobrece la capacidad de los fangos activos para hacer frente a fluctuaciones y cambios en las características del agua de entrada en la depuradora; algo que sucede habitualmente. La distribución de las especies (sus abundancias) también puede cambiar; lo que sugiere que las nanopartículas ejercen efectos diferentes en distintos grupos de microorganismos. Este es un hecho esperable debido a que tanto la acumulación de las nanopartículas sobre la superficie celular así como la rotura celular mediada por nanopartículas son procesos que suceden de forma selectiva entre diferentes especies microbianas (Eduok *et al.*, 2015). Algunas especies de bacterias presentes en los fangos activos son bastante sensibles a las nanopartículas, entre ellas, las bacterias oxidadoras de amonio y nitrito responsables del proceso de nitrificación (*Nitrospira*, *Nitrobacter* y *Nitrosomonas*) cuyas abundancias en los fangos activos disminuyen hasta incluso desaparecer (Zheng *et al.*, 2015). Otros organismos sensibles a las nanopartículas como los grupos *Zoogloea*, *Clostridia* o *Bacilli* están relacionados con la eliminación de la materia orgánica. Por otro lado, algunas bacterias son nanotolerantes, muchas de ellas conocidas por ser capaces de resistir la contaminación por metales pesados como *Rhodoferrax*, *Comamonas* o *Stenotrophomonas*, posiblemente debido a que poseen genes de resistencia a estos elementos (Eduok *et al.*, 2015; Ma *et al.*, 2015).

Debido a la bioacumulación de las nanopartículas en los fangos, es esperable que los microorganismos responsables de la digestión anaerobia se vean expuestos a concentraciones de nanopartículas bastante más elevadas que los presentes en fangos activos, pero a pesar de ello, han sido menos estudiados. Se sabe que la exposición a las nanopartículas metálicas provoca un descenso en la cantidad de microorganismos activos, sobre todo a las arqueas metanogénicas responsables del último paso de la digestión anaerobia, por lo tanto son organismos clave en el funcionamiento de los digestores anaerobios (Mu and Chen, 2011; Wang *et al.*, 2016). Solo las especies del género *Methanosarcina*, que son metanógenos bastante robustos y con una gran capacidad de adaptación a alteraciones en su medio ambiente, parecen ser nanotolerantes; mientras que las especies de otros géneros como *Methanobrevibacter*, *Methanothermobacter* o *Methanosaeta* son muy susceptibles a la presencia de nanopartículas metálicas. La diversidad de bacterias también se ve alterada. Los grandes grupos taxonómicos *Firmicutes*, *Bacteroidetes* y *Proteobacteria*, que contienen los microorganismos responsables principalmente de los tres primeros pasos de la digestión anaerobia, disminuyen en presencia de nanopartículas; aunque algunas bacterias de la digestión

anaerobia son nanoresistentes como por ejemplo el género *Actinobacteria* que es capaz de mantener o incluso aumentar su abundancia en los digestores anaerobios.

Las nanopartículas metálicas constituyen un contaminante emergente cuyos efectos sobre el medio ambiente y los sistemas de depuración de aguas son todavía inciertos. Aunque los estudios físicoquímicos indican que la mayoría de las nanopartículas se transforman en sulfuros insolubles y bajamente biodisponibles en los sistemas de depuración de aguas; las evidencias existentes hasta la fecha, apuntan a que estas nanopartículas ejercen efectos negativos en los procesos de tratamiento de aguas que podrían comprometer el funcionamiento de las EDAR. Esta aparente contradicción es producto de la falta de comprensión de los mecanismos físicoquímicos que controlan esas toxicidades y la resiliencia o susceptibilidad a las nanopartículas de los distintos microorganismos que soportan el funcionamiento de las depuradoras. Las inhibiciones de los procesos microbiológicos observadas suceden a concentraciones de nanopartículas lejos de los niveles medidos en las aguas residuales y los fangos actuales. Sin embargo, debido al crecimiento previsto en el uso de estas nanopartículas en bienes de consumo, es esperable que las concentraciones de este contaminante sean cada vez más elevadas en aguas residuales. Todas las investigaciones hasta la fecha apuntan a que se han de tomar medidas para afrontar los incipientes problemas de contaminación producida por la nanotecnología antes de que estos alcancen grandes dimensiones o produzcan efectos irreversibles.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido parcialmente financiada por la Xunta de Galicia a través del proyecto *WaterNanoEnv* (USC2015-CL038). Los autores pertenecen a la Agrupación Estratégica de Investigación en Tecnologías Ambientales CRETUS (AGRUP2015/02) y al grupo de referencia competitivo (GRC ED431C 2017/29), programas cofinanciados por la Xunta de Galicia y los fondos FEDER.

REFERENCIAS

- Barton, L.E., Auffan, M., Durenkamp, M., Mcgrath, S., Bottero, J., and Wiesner, M.R. (2015) Monte Carlo simulations of the transformation and removal of Ag, TiO₂, and ZnO nanoparticles in wastewater treatment and land application of biosolids. *Sci. Total Environ.* 511: 535–543.
- Bian, S.-W., Mudunkotuwa, I.A., Rupasinghe, T., and Grassian, V.H. (2011) Aggregation and dissolution of 4 nm ZnO nanoparticles in aqueous environments: Influence of pH, ionic strength, size, and adsorption of humic acid. *Langmuir* 27: 6059–6068.
- Brunetti, G., Donner, E., Laera, G., Sekine, R., Scheckel, K.G., Khaksar, M., et al. (2015) Fate of zinc and silver engineered nanoparticles in sewerage networks. *Water Res.* 77: 72–84.
- European Commission CORDIS Express: The nanotech revolution. Available online: http://cordis.europa.eu/news/rcn/36656_en.html
- Domingos, R.F., Rafiei, Z., Monteiro, C.E., Khan, M.A.K., and Wilkinson, K.J. (2013) Agglomeration and dissolution of zinc oxide nanoparticles: role of pH, ionic strength and fulvic acid. *Environ. Chem.* 10: 306–312.
- Doolette, C.L., McLaughlin, M.J., Kirby, J.K., Batstone, D.J., Harris, H.H., Ge, H., and Cornelis, G. (2013) Transformation of PVP coated silver nanoparticles in a simulated wastewater treatment process and the effect on microbial communities. *Chem. Cent. J.* 7: 1–18.
- Eduok, S., Hendry, C., Ferguson, R., Martin, B., Villa, R., Jefferson, B., and Coulon, F. (2015) Insights into the effect of mixed engineered nanoparticles on activated sludge performance. *FEMS Microbiol. Ecol.* 91: 1–9.
- Eduok, S., Martin, B., Villa, R., Nocker, A., Jefferson, B., and Coulon, F. (2013) Evaluation of engineered nanoparticle toxic effect on wastewater microorganisms: Current status and challenges. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 95: 1–9.
- García, A., Delgado, L., Torà, J.A., Casals, E., González, E., Puentes, V., et al. (2012) Effect of cerium dioxide, titanium dioxide, silver, and gold nanoparticles on the activity of microbial communities intended in wastewater treatment. *J. Hazard. Mater.* 199–200: 64–72.
- Hoque, M.E., Khosravi, K., Newman, K., and Metcalfe, C.D. (2012) Detection and characterization of silver nanoparticles in aqueous matrices using asymmetric-flow field flow fractionation with inductively coupled plasma mass spectrometry. *J. Chromatogr. A* 1233: 109–115.
- Kaegi, R., Voegelin, A., Ort, C., Sinnel, B., Thalmann, B., Krismer, J., et al. (2013) Fate and transformation of silver nanoparticles in urban wastewater systems. *Water Res.* 47: 3866–3877.
- Kaegi, R., Voegelin, A., Sinnel, B., Hagendorfer, H., and Burkhardt, M. (2011) Behavior of metallic silver nanoparticles in a pilot wastewater treatment plant. *Environ. Sci. Technol.* 45: 3902–3908.
- Keller, A.A., McFerran, S., Lazareva, A., and Suh, S. (2013) Global life cycle releases of engineered nanomaterials. *J. Nanoparticle Res.* 15: 1692.
- Kiser, M.A., Westerhoff, P., Benn, T., Wang, Y., Pérez-Rivera, J., and Hristovski, K. (2009) Titanium nanomaterial removal and release from wastewater treatment plants. *Environ. Sci. Technol.* 43: 6757–6763.
- Levard, C., Mitra, S., Yang, T., Jew, A.D., Badireddy, A.R., Lowry, G. V., and Brown, G.E. (2013) Effect of chloride on the dissolution rate of silver nanoparticles and toxicity to *E. coli*. *Environ. Sci. Technol.* 47: 5738–5745.
- Li, B., Huang, W., Zhang, C., Feng, S., Zhang, Z., Lei, Z., and Sugiura, N. (2015) Effect of TiO₂ nanoparticles on aerobic granulation of algal-bacterial symbiosis system and nutrients removal from synthetic wastewater. *Bioresour. Technol.* 187: 214–220.

17. Li, D., Cui, F., Zhao, Z., Liu, D., Xu, Y., Li, H., and Yang, X. (2014) The impact of titanium dioxide nanoparticles on biological nitrogen removal from wastewater and bacterial community shifts in activated sludge. *Biodegradation* 25: 167–177.
18. Li, D., Li, B., Wang, Q., Hou, N., Li, C., and Cheng, X. (2016) Toxicity of TiO₂ nanoparticle to denitrifying strain CFY1 and the impact on microbial community structures in activated sludge. *Chemosphere* 144: 1334–1341.
19. Li, L., Hartmann, G., Döblinger, M., and Schuster, M. (2013) Quantification of nanoscale silver particles removal and release from municipal wastewater treatment plants in Germany. *Environ. Sci. Technol.* 47: 7317–7323.
20. Liang, Z., Das, A., and Hu, Z. (2010) Bacterial response to a shock load of nanosilver in an activated sludge treatment system. *Water Res.* 44: 5432–5438.
21. Liu, G. and Wang, J. (2012) Effects of nano-copper(II) oxide and nano-magnesium oxide particles on activated sludge. *Water Environ. Res.* 84: 569–576.
22. Liu, J. and Hurt, R.H. (2010) Ion release kinetics and particle persistence in aqueous nano-silver colloids. *Environ. Sci. Technol.* 44: 2169–2175.
23. Lombi, E., Donner, E., Tavakkoli, E., Turney, T.W., Naidu, R., Miller, B.W., and Scheckel, K.G. (2012) Fate of zinc oxide nanoparticles during anaerobic digestion of wastewater and post-treatment processing of sewage sludge. *Environ. Sci. Technol.* 46: 9089–9096.
24. Ma, Y., Metch, J.W., Vejerano, E.P., Miller, I.J., Leon, E.C., Marr, L.C., et al. (2015) Microbial community response of nitrifying sequencing batch reactors to silver, zero-valent iron, titanium dioxide and cerium dioxide nanomaterials. *Water Res.* 68: 87–97.
25. Mu, H. and Chen, Y. (2011) Long-term effect of ZnO nanoparticles on waste activated sludge anaerobic digestion. *Water Res.* 45: 5612–5620.
26. Mu, H., Chen, Y., and Xiao, N. (2011) Effects of metal oxide nanoparticles (TiO₂, Al₂O₃, SiO₂ and ZnO) on waste activated sludge anaerobic digestion. *Bioresour. Technol.* 102: 10305–11.
27. Musee, N., Zvimba, J.N., Schaefer, L.M., Nota, N., Sikhwivilu, L.M., and Thwala, M. (2014) Fate and behavior of ZnO- and Ag-engineered nanoparticles and a bacterial viability assessment in a simulated wastewater treatment plant. *J. Environ. Sci. Heal. Part A* 49: 59–66.
28. Piccinno, F., Gottschalk, F., Seeger, S., and Nowack, B. (2012) Industrial production quantities and uses of ten engineered nanomaterials in Europe and the world. *J. Nanoparticle Res.* 14: 1109.
29. Puay, N.-Q., Qiu, G., and Ting, Y.-P. (2015) Effect of Zinc oxide nanoparticles on biological wastewater treatment in a sequencing batch reactor. *J. Clean. Prod.* 88: 139–145.
30. Reichle, R. a., McCurdy, K.G., and Hepler, L.G. (1975) Zinc Hydroxide: Solubility Product and Hydroxy-complex Stability Constants from 12.5–75 °C. *Can. J. Chem.* 53: 3841–3845.
31. Supha, C., Boonto, Y., Jindakaraked, M., Ananpattarachai, J., and Kajitvichyanukul, P. (2015) Long-term exposure of bacterial and protozoan communities to TiO₂ nanoparticles in an aerobic-sequencing batch reactor. *Sci. Technol. Adv. Mater.* 16: 034609.
32. USEPA (2009) Targeted National Sewage Sludge Survey Sampling and Analysis Technical Report.
33. Valtiner, M., Borodin, S., and Grundmeier, G. (2008) Stabilization and acidic dissolution mechanism of single-crystalline ZnO(0001) surfaces in electrolytes studied by in-situ AFM imaging and ex-situ LEED. *Langmuir* 24: 5350–5358.
34. Vance, M.E., Kuiken, T., Vejerano, E.P., McGinnis, S.P., Hochella, M.F., Rejeski, D., and Hull, D.R. (2015) Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory. *Beilstein J. Nanotechnol.* 6: 1769–1780.
35. Wang, D. and Chen, Y. (2015) Critical review of the influences of nanoparticles on biological wastewater treatment and sludge digestion. *Crit. Rev. Biotechnol.* 00: 1–13.
36. Wang, T., Zhang, D., Dai, L., Chen, Y., and Dai, X. (2016) Effects of metal nanoparticles on methane production from waste-activated sludge and microorganism community shift in anaerobic granular sludge. *Sci. Rep.* 6: 1–8.
37. Westerhoff, P., Song, G., Hristovski, K., and Kiser, M.A. (2011) Occurrence and removal of titanium at full scale wastewater treatment plants: implications for TiO₂ nanomaterials. *J. Environ. Monit.* 13: 1195–1203.
38. Westerhoff, P.K., Kiser, M.A., and Hristovski, K. (2013) Nanomaterial removal and transformation during biological wastewater treatment. *Environ. Eng. Sci.* 30: 109–117.
39. Yang, Y., Chen, Q., Wall, J.D., and Hu, Z. (2012) Potential nanosilver impact on anaerobic digestion at moderate silver concentrations. *Water Res.* 46: 1176–1184.
40. Yang, Y., Zhang, C., and Hu, Z. (2013) Impact of metallic and metal oxide nanoparticles on wastewater treatment and anaerobic digestion. *Environ. Sci. Process. Impacts* 15: 39–48.
41. Zhang, J., Dong, Q., Liu, Y., Zhou, X., and Shi, H. (2016) Response to shock load of engineered nanoparticles in an activated sludge treatment system: Insight into microbial community succession. *Chemosphere* 144: 1837–1844.
42. Zheng, X., Chen, Y., and Wu, R. (2011) Long-term effects of titanium dioxide nanoparticles on nitrogen and phosphorus removal from wastewater and bacterial community shift in activated sludge. *Environ. Sci. Technol.* 45: 7284–7290.
43. Zheng, X., Huang, H., Su, Y., Wei, Y., and Chen, Y. (2015) Long-term effects of engineered nanoparticles on enzyme activity and functional bacteria in wastewater treatment plants. *Water Sci. Technol.* 72: 99.

INVESTIGACIÓN, CULTURA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA COMO CARACTERÍSTICAS DE LA FORMULACIÓN MAGISTRAL EN LA FARMACIA COMUNITARIA

Álvarez Soaje, Miguel

Farmacéutico comunitario, Doctor en Historia de la Ciencia, Experto en formulación de medicamentos individualizados (USJ).

RESUMEN

Tradicionalmente las oficinas de farmacia han tenido en la formulación magistral de medicamentos la base de su actividad profesional, una actividad que fue cayendo en desuso a lo largo de la segunda mitad del pasado siglo hasta quedar en lo anecdótico y vinculada a una imagen anacrónica de la profesión, pero actualmente asistimos a una nueva etapa de esta actividad de la mano de nuevos principios activos y excipientes que poco o nada tienen que ver con la imagen que aún mantienen algunos sectores de nuestra sociedad y que posibilitan la adaptación del medicamento a las necesidades del paciente. La “fórmula magistral” ha dado paso al “medicamento individualizado” fabricado por el farmacéutico bajo estrictas normas de elaboración y control de calidad, convirtiéndose así en una interesante opción terapéutica en el ámbito de la atención farmacéutica en la farmacia comunitaria.

Palabras clave: Formulación magistral, Medicamento individualizado, Atención farmacéutica.

ABSTRACT

Traditionally, the compounding was the base of pharmacies activity, which was falling into desuse throughout the second half of 20th century until be relegated and linked to anachronistic image of our profession, but we are currently witnessing a new stage in this activity, hand in hand with

new active principles and excipients that little has to do with the image that some sector shave, and make possible the adaptation of the medicine to the patient. “Compounding” has given way to “individualized medication” manufactured by the pharmacist under strict standars of elaboration and quality control, becoming an interesting therapeutic option in the field of Pharmaceutical Care.

Keywords: Compounding, Individualized medication, Pharmaceutical Care.

DE LAS VIEJAS BOTICAS A LOS NUEVOS LABORATORIOS:

La elaboración de medicamentos, lo que actualmente denominamos Farmacia Galénica, es una actividad que viene ligada a la historia de la medicina y la farmacia desde tiempos remotos. Se trata de una rama importante de la Farmacia que estudia las técnicas para la elaboración de medicamentos y sus características y ha sido históricamente la esencia de la profesión farmacéutica desde que ésta y la medicina se separaron en el Renacimiento para avanzar en su actividad sanitaria, definiendo con mayor precisión sus atribuciones y funciones. La elaboración de medicamentos ha permanecido con pocos cambios desde la incorporación de los destilados de plantas en el siglo XVI; desde entonces, el “polifármaco” dejó paso a los “simples vegetales” extraídos por técnicas destilatorias, y así, las quintaesencias alquímicas dieron lugar a la aparición de nuevos medicamentos como los elixires,

bálsamos, tónicos, aguas de vida, etc. A ello se sumó el nuevo arsenal terapéutico basado en sustancias de origen químico (iatroquímica) descritas en los trabajos de Paracelso y que se han mantenido con pocas variaciones hasta hace poco más de un siglo. Los medicamentos del siglo XIX tenían ya unas propiedades químicas bien definidas, con lo que se convirtieron en una herramienta eficaz en el campo de la terapéutica médica y surgió con ellos el concepto de “Fórmula Magistral”, a la vez que se generalizaba el uso de farmacopeas y formularios de medicamentos hasta la aparición, en la segunda mitad del siglo XIX, de los denominados “medicamentos de síntesis” elaborados por laboratorios farmacéuticos, lo cual significó el lento y paulatino declive de la formulación magistral, declive que perduró hasta los últimos años del siglo XX. Sin embargo, a lo largo de los primeros años del siglo XXI estamos asistiendo a una nueva etapa en el desarrollo de la formulación magistral, término que quizá no tiene una justificación adecuada en la oficina de farmacia actual, pues hace referencia a un medicamento y como tal, nadie duda que está “elaborado con perfección y hecho con maestría”, lo cual es inherente a la propia elaboración de un medicamento. La farmacia comunitaria ha retomado esta actividad profesional para actualizarla y redefinirla como “medicamento individualizado” desde la base de que no hay dos pacientes iguales y, por tanto, la atención individualizada ha de tener su principal baza en la elaboración de este tipo de medicamentos.

Actualmente la elaboración de medicamentos individualizados en la oficina de farmacia viene regulada por una serie de “normas de correcta elaboración y control de calidad de fórmulas magistrales y preparados oficinales” que garantizan su alta calidad. En base a la Ley 29/2006 de 26 de julio, de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios, el artículo 8 define la Fórmula Magistral y el Preparado Oficinal y a su vez, los artículos 42 y 43 recogen los requisitos que ambos tipos de medicamentos deben cumplir. Por su parte, el artículo 44 describe a las fórmulas magistrales y preparados oficinales como “medicamentos”, mientras que el artículo 67 establece las condiciones legales para la denominada “elaboración por terceros” de determinadas fases de la fabricación de estos medicamentos.

Por su parte, el Real Decreto 294/1995, de 24 de febrero, establece que el Formulario Nacional dispondrá las fórmulas magistrales y preparados oficinales reconocidos oficialmente como medicamentos y su actualización deberá garantizar la disponibilidad de un medicamento moderno y adaptado a las necesidades de esta actividad profesional. Por otro lado, el Real Decreto 175/2001, de 23 de febrero, vino a refrendar

las normas de correcta elaboración y control de calidad de las fórmulas magistrales y preparados oficinales y desde su entrada en vigor en el año 2004 ha supuesto el punto de partida para el desarrollo de una nueva formulación magistral en el ámbito de la atención farmacéutica, resaltando en ella la elaboración individualizada de medicamentos.

El mismo Real Decreto 175/2001 define la Fórmula Magistral como aquel medicamento destinado a un paciente individualizado, preparado por el farmacéutico o bajo su dirección para cumplimentar exactamente una prescripción facultativa detallada de las sustancias medicinales que incluye, según las normas y técnicas del arte farmacéutico, dispensado en una oficina de farmacia o servicio farmacéutico y con la debida información al usuario. Igualmente define la Fórmula Magistral Tipificada como aquella que viene recogida en el Formulario Nacional por su frecuente uso y utilidad; define, por último, el Preparado Oficinal como aquel medicamento preparado por el farmacéutico o bajo su dirección, dispensado en su oficina de farmacia o servicio farmacéutico, enumerado y descrito en el Formulario Nacional, destinado a su entrega directa a los enfermos que abastece dicha oficina de farmacia o servicio farmacéutico¹.

A su vez, la legislación define claramente otros aspectos relacionados con la elaboración de medicamentos individualizados, como la materia prima, producto a granel, lote, material de acondicionamiento, contaminación cruzada, etc, en similares condiciones que lo hace para la Industria Farmacéutica e, igualmente, quedan reguladas y descritas las características del laboratorio o zona de elaboración en la oficina de farmacia, que debe adaptarse a las formas galénicas que se van a elaborar, al tipo de preparación (individual o por lotes) y al número de unidades elaboradas. Los laboratorios de las oficinas de farmacia han de reunir, por tanto, unas estrictas medidas que garanticen la máxima calidad del producto acabado y para ello deben definirse todos y cada uno de los procedimientos normalizados que intervienen en la elaboración del medicamento individualizado, evitando contaminaciones cruzadas o cualquier problema relacionado con la estabilidad de los componentes por medio del control riguroso de la temperatura del local de elaboración, humedad, aislamiento, indumentaria, calibración del instrumental, limpieza y desinfección de aparatos, eliminación de residuos, etc, todas ellas actividades reflejadas por escrito en sus

¹ Los Preparados Oficinales, enumerados y descritos en el Formulario Nacional, pueden dispensarse con o sin receta médica, dependiendo del principio activo que contengan, y se pueden elaborar por lotes, anticipándose a la demanda de los pacientes. Por ello, deberán presentarse y dispensarse bajo denominación genérica y en ningún caso bajo marca comercial.

correspondientes procedimientos normalizados y sujetos a revisiones periódicas externas a la oficina de farmacia, sin olvidar la necesaria presencia de la prescripción médica, única vía de comunicación reconocida entre el médico prescriptor y el farmacéutico elaborador. La presencia de la receta médica es un requisito indispensable que da comienzo al proceso de elaboración del medicamento individualizado; por tanto, el farmacéutico es responsable de su conservación ante la posible aparición de cualquier percance relacionado con ese preparado².

INVESTIGACIÓN, CULTURA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Por todo ello, entendemos que en las oficinas de farmacia elaboradoras de medicamentos individualizados se desarrolla una labor profesional de alta calidad, una actividad que podemos describir aplicando los cuatro términos que definen esta revista: Investigación, Cultura, Ciencia y Tecnología. En el quehacer diario de la oficina de farmacia se lleva a cabo una destacada labor investigadora, sobre los nuevos excipientes, bases y vehículos más adecuados para las características propias de cada paciente, nuevas formas de incorporar los principios activos o nuevos materiales de acondicionamiento primario, cómo se ve afectado el PH de la fórmula ante determinados principios activos o nuevas formas de preparar el medicamento en función de su vía de administración.

Asimismo, entendemos esta actividad como la base sobre la que se desarrolló tradicionalmente la profesión farmacéutica, con importante peso en la tradición cultural y sanitaria europea, ya que cada ciudad, cada pueblo o cada monasterio contó secularmente con un profesional farmacéutico encargado de elaborar los medicamentos que la sociedad demandaba. No olvidamos, por otro lado, que ésta es una actividad eminentemente científica, en la que caben acciones encaminadas a la I + D, a pesar de que no se lleva a cabo en el marco de las universidades o en grandes laboratorios farmacéuticos, que aglutina en una sola actividad nuestros conocimientos químicos, físico-químicos y fisiológicos. Es una actividad que, tal como vemos a lo largo de este artículo, va ligada actualmente a los últimos avances en tecnología

2 En este sentido, ha quedado desterrada la imagen del farmacéutico elaborador de cualquier tipo de preparado amparado en su capacidad creativa; por ello, la farmacia comunitaria sólo puede elaborar aquel medicamento que venga respaldado por la correspondiente receta médica, aunque es función propia del farmacéutico la forma de desarrollarla, para lo cual es muy adecuada la comunicación fluida con el médico prescriptor, conocedor de las características fisiológicas del paciente. No ocurre lo mismo con los Preparados Oficiales, tal y como acabamos de ver.



farmacéutica, lo cual nos lleva a requerir maquinaria y aparataje de última generación (balanzas electrónicas de precisión, agitadores magnéticos, encapsuladoras, baños termostáticos, sistemas electrónicos para determinación de punto de fusión, autoclave, equipo de filtración esterilizante, campana de flujo laminar, etc, un conjunto de elementos que vienen a sustituir a la tradicional espátula y mesa de mármol que todos hemos conocido en nuestras boticas. Por todo ello, el concepto de formulación magistral ha dado paso al de medicamento individualizado como actividad destacada en la farmacia comunitaria, entendido como paradigma de nuestra profesión desde el momento en que el dispensador del medicamento, y quien va a seguir la evolución diaria del paciente, es el elaborador del mismo, conocedor de todas sus peculiaridades, características farmacocinéticas y galénicas; por ello, en la oficina de farmacia tenemos la posibilidad de hacer un seguimiento diario de la salud del paciente para evaluar la evolución de la enfermedad y poder corregir, si es necesario, aquellas variables atribuibles al medicamento que puedan conllevar un fracaso terapéutico (sus características organolépticas, forma farmacéutica, dosificación, etc), llevando a cabo un servicio de seguimiento farmacoterapéutico³, servicio profesional en la actual farmacia comunitaria que tiene por objeto la detección de "Problemas Relacionados con el Medicamento" (PRM), lo que permite prevenir y resolver resultados negativos asociados al medicamento (RNM)⁴.

3 Los objetivos del Seguimiento Fármaco-Terapéutico son:

- La detección de los PRM para la prevención y resolución de los RNM.
- Maximizar la efectividad y seguridad de los tratamientos, minimizando los riesgos asociados al uso de los medicamentos, con el fin de obtener resultados positivos en salud.
- Contribuir a la racionalización de los medicamentos, mejorando el proceso de uso de los mismos.
- Mejorar la calidad de vida de los pacientes.
- Registrar y documentar la intervención profesional.

4 El Foro de Atención Farmacéutica en Farmacia Comunitaria (FORO AF-FC) define este servicio como "el servicio profesional que tiene como objetivo la detección de problemas relacionados con medicamentos (PRM) para la prevención y resolución de resultados negativos asociados a la medicación (RNM). Este servicio implica un compromiso, y debe proveerse de forma continuada, sistematizada y documentada, en colaboración con el propio paciente y con los demás profesionales del sistema de salud, con el fin de alcanzar resultados concretos que mejoren la calidad de vida del paciente".

LA FORMULACIÓN INDIVIDUALIZADA DE MEDICAMENTOS

Se han definido actualmente tres niveles de elaboración⁵; el nivel I incluye formas farmacéuticas de uso tópico, líquidos orales y rectales, el nivel II, incluye preparados orales, rectales y vaginales sólidos; el nivel III, formas farmacéuticas estériles (oftálmicas o inyectables). Asimismo, se establecen una serie de normas en cuanto a la capacidad y formación del farmacéutico elaborador, que de manera general, pertenece a alguna de las sociedades científicas de ámbito nacional (LaSemi, Aprofarm)⁶ que asesoran a los profesionales farmacéuticos y sirven de foro para intercambio de experiencias en este campo.

Sabemos que la administración oral de medicamentos es de elección en la mayoría de los casos ya que es la vía más adecuada fisiológicamente, segura, sencilla y cómoda para el paciente, pero no siempre la industria farmacéutica dispone de presentaciones que se ajusten a las necesidades fisiológicas del paciente; es entonces cuando la oficina de farmacia dispone de una herramienta eficaz para solventar esta situación posibilitando la adecuación del principio activo a las condiciones galénicas más adecuadas para su dispensación al paciente, garantizando así la adhesión al tratamiento⁷. Esto ocurre habitualmente en la población pediátrica y geriátrica, sectores en los cuales son frecuentes los problemas de infra o sobredosificación; tengamos en cuenta que los niños presentan unas características fisiológicas y actividad metabólica diferente a las de los adultos, lo cual requiere un ajuste de la posología para adaptar el medicamento a sus condiciones de edad, peso y superficie corporal, algo que no siempre es posible para la industria farmacéutica.

Igualmente sucede con el paciente geriátrico, cuya capacidad metabolizadora está disminuida, lo cual se puede traducir en una importante sobredosificación. Asimismo, los pacientes con problemas de deglución se encuentran entre los más beneficiados con la formulación magistral y su posibilidad de adaptar cada preparado a formas farmacéuticas distintas, como jarabes o suspensiones. Normalmente en la administración oral de medicamentos la Industria apuesta por comprimidos

y cápsulas duras, a veces de gran tamaño, que pueden suponer un gran inconveniente para el paciente con dificultad de deglución, no ya el paciente geriátrico, sino el paciente adulto que no es capaz de ingerir esta forma farmacéutica, lo cual se traduce en un incumplimiento del tratamiento. Lo mismo ocurre en pacientes que requieren sonda para nutrición enteral, para los cuales el medicamento individualizado puede corregir algunas características causantes de alergias o interacciones frecuentes en el medicamento industrial, reduciendo, por ejemplo, la cantidad de conservantes o ajustando la concentración de sacarosa para su administración a diabéticos.

Son numerosas las posibilidades que actualmente nos ofrece la formulación magistral, como vemos, en todos los campos sanitarios; a modo de ejemplo, podemos recordar algunas formulaciones interesantes que están siendo prescritas como tratamiento de patologías diversas que afectan de manera habitual a cualquier tipo de paciente, desde el niño al anciano:

- -Clobetasol, urea y lactato amónico en ungüento hidrófilo. Se trata de la combinación de un corticoide antiinflamatorio, antiprurítico e inmunosupresor combinado con un hidratante como la urea y con un queratolítico suave, como es el lactato amónico, sobre una emulsión O/W aniónica como el ungüento hidrófilo⁸, altamente compatible con los tres principios activos.
- Gel de Ácido Retinoico 0,01 – 0,05 % en tratamiento de acné o en casos de fotoenvejecimiento cutáneo.
- Solución de Permetrina 25 % como repelente de insectos para la ropa en forma diluida.
- Espuma de Minoxidilo, Finasterida y Biotina para tratamiento de alopecia. Se trata de un excipiente con baja concentración de alcohol y propilenglicol, con un PH óptimo para el cuello cabelludo.
- Gel fluido en roll on para dispensación de Glicopirrolato en tratamiento de hiperhidrosis axilar.
- Solución de Propranolol 1 mg/mL como betabloqueante no cardiosselectivo indicado en tratamiento de hipertensión, angina de pecho y arritmias cardíacas en niños o en profilaxis de taquicardia supraventricular paroxística en niños y lactantes o en tratamiento a corto plazo de la taquicardia y arritmias producidas por la tirotoxicosis en neonatos.

5 En la Comunidad Autónoma de Galicia, el Decreto 443/2003, de 11 de diciembre, de regulación de las actividades de elaboración y control de calidad de fórmulas magistrales y preparados oficinales ha establecido cuatro niveles de elaboración y control de fórmulas magistrales y preparados oficinales: I- Tópicas, II- Orales y rectales líquidas, III- Orales, rectales y vaginales sólidas, IV- Estériles.

6 LaSemi (Sociedad Española para el Medicamento Individualizado), Aprofarm (Asociación profesional independiente de farmacéuticos formuladores).

7 Por ejemplo con la elaboración de jarabes de Propranolol y Furosemida o la suspensión de Omeprazol.

8 Incorpora un elevado porcentaje de vaselina filante que actúa como emoliente e hidratante oclusivo, muy eficaz en tratamientos de patologías psoriásicas.

- Jarabe de Furosemida 2 mg/mL en tratamiento de hipertensión arterial y edemas de origen cardíaco renal y hepático en prematuros y neonatos.
- Suspensión de Omeprazol 2 mg/mL en tratamiento de reflujo gastroesofágico o tratamiento de síndrome de Zollinger-Ellison en el que el paciente (niño o anciano) presenta dificultad para deglutir.

Las posibilidades que se han abierto en el campo de la formulación magistral en los últimos años son enormes y ponen a disposición del médico prescriptor un producto de alta calidad con capacidad de ajustarse exactamente a las características del paciente y para ello disponemos de nuevas bases y emulsiones, excipientes para pieles sensibles, péptidos capilares, siliconas para emulsiones W/S con excelente extensibilidad y alta emoliencia, muy útiles para incorporar medicamentos o filtros solares en tratamiento de pieles sensibles o principios termolábiles, bases que permiten incorporar, entre otros activos, hidrocortisona, fusidato sódico, aloe vera e ictiol en tratamiento de pieles sensibles. Entre otras novedades que la Industria de la Formulación Magistral pone a disposición de la farmacia elaboradora podemos destacar los “péptidos capilares”, soluciones acuosas de hidrolizado de queratina que aporta aminoácidos esenciales para el cuero cabelludo en tratamiento de caída prematura del cabello.



Como vemos, tanto los laboratorios fabricantes de productos químicos (Acofarma, Guinama, Fagron, etc) como los propios farmacéuticos elaboradores llevan a cabo continuas investigaciones para mejorar la calidad de estos medicamentos, mejorando sus características organolépticas o el PH que mejoren su liberación, absorción o las condiciones de estabilidad e, igualmente, se trabaja en la mejora del material

de acondicionamiento primario para facilitar su adaptación a la patología del paciente; esta es una labor constante y diaria en las oficinas de farmacia elaboradoras de medicamentos individualizados, con el único aliciente de ofrecer al paciente un producto de alta calidad que cubra eficazmente sus necesidades terapéuticas. En este sentido, los fabricantes de productos químicos nos ofrecen nuevos excipientes, entre los que podemos citar agentes gelificantes que forman geles y cremigeles como el Sepigel 305®, que incorpora un agente gelificante, un emulgente no iónico y un aceite graso, obteniendo así una base con elevado poder refrescante, alta evanescencia y óptima apariencia dermocosmética; la base ColdCream W/O natural, Emolivan™, muy adecuada para pieles secas y afectadas; la solución liposomal Guinoxome®, a base de liposomas unilamelares de calidad, con tamaño específico y buena estabilidad y alta penetrabilidad en la piel, muy adecuada para formular serums, cremas o geles; el fitocomplejo natural de oleoresina líquida Pigmerise™ derivada del extracto de pimienta negra, con alta concentración de alcaloides y aceites volátiles que contribuyen a estimular la proliferación de melanocitos de las capas más profundas de la epidermis, a la vez que incrementan la melanogénesis y nueva síntesis de melanina para reforzar la pigmentación de la piel; o Nourisil™, un gel de silicona muy adecuado en tratamiento de queloides y cicatrices hipertróficas recientes y antiguas.

La Formulación Magistral se presenta, por tanto, como una solución a las situaciones de vacío terapéutico, desabastecimientos, incompatibilidad del paciente o necesidad de formas farmacéuticas no comercializadas en las que el cambio de vehículo puede suponer un gran beneficio para el paciente; en otras ocasiones se necesitan dosificaciones distintas a las comercializadas o se requiere un ajuste individualizado de dosis según el peso, estado renal o hepático del paciente. Otro factor a tener en cuenta es la posibilidad de modificar las características organolépticas, o la posibilidad de asociar varios principios activos en una única forma farmacéutica o la eliminación de determinados excipientes y, en el caso del paciente terminal, el medicamento individualizado solventa sus dificultades de deglución, un factor fundamental para avanzar en el tratamiento de este tipo de pacientes. Como vemos, las aplicaciones de esta actividad formuladora son numerosas en todo tipo de patologías, como el estreñimiento (Goma guar), alopecia (Pantotenato cálcico - Minoxidilo - Finasterida), glaucoma (Pilocarpina clorhidrato), neoplasias malignas de la piel (5-Fluorouracilo oral), dermatitis, eccemas (Prednisona, Triamcinolona), trombosis venosa profunda (Acenocumarol 0,1 mg cápsulas), acné (Acido 13-cis retinoico oral), periodontitis (Metronidazol), iritis / queratitis (Ciclopentolato 0,5 % colirio) y otras aplicaciones



que han surgido en el transcurso de los últimos años, como la Pasta Triantibiótica o Pasta Hoshino, en tratamiento de conductos radiculares infectados con *Enterococcus faecalis*, presentándose como una alternativa eficaz en tratamientos endodónticos gracias a la combinación de metronidazol, ciprofloxacino y minociclina en combinación con una mezcla de macrogol-propilenglicol⁹.

Por otro lado, el farmacéutico elaborador lleva a cabo una actividad formadora continua, no sólo con nuestro trabajo en el laboratorio sino también por medio de nuestra pertenencia a Sociedades Científicas que representan a los farmacéuticos que promueven esta actividad profesional¹⁰ y la participación en Congresos y Jornadas científicas¹¹ en las que se promueve la publicación de estudios que recogen las mejoras diarias o las novedades surgidas en el trabajo diario como elaboradores de medicamentos. No sólo contamos con formación y productos químicos de alta calidad aportados por la Industria farmacéutica, sino que contamos también con el apoyo y respaldo universitario, destacando en este punto el proyecto PACMI de la Universidad San Jorge de Zaragoza¹².

CONCLUSIONES

El futuro es prometedor en este campo ya que la elaboración individual de medicamentos se está demostrando como una herramienta eficaz y con unas interesantes expectativas de futuro gracias a su capacidad de adaptación, que permite

- 9 La pasta la hemos elaborado con éxito para su aplicación por medio de una jeringa como medicamento intracanal para la desinfección del canal de la raíz dental en procesos regenerativos.
- 10 En nuestro caso, como miembro de la AEFF, actualmente denominada LaSemi (Sociedad Española del Medicamento Individualizado), Sociedad cuya finalidad es la promoción de la formulación magistral en el ámbito sanitario, ayudando a la implantación y desarrollo de laboratorios en las oficinas de farmacia, para lo cual cuenta actualmente con más de 400 asociados a nivel nacional.
- 11 Como la celebrada el pasado mes de Abril de 2018 en Tenerife y dirigida a médicos y farmacéuticos bajo el lema: "el medicamento individualizado: herramienta terapéutica del presente y el futuro".
- 12 El PACMI (Programa de Aseguramiento de la Calidad del Medicamento Individualizado) es un programa desarrollado por la Facultad de Ciencias de la Salud de la USJ para asegurar la calidad del medicamento elaborado en la Oficina de Farmacia, por el cual se acredita a aquellas que superan unos determinados estándares de calidad en sus preparaciones. Asimismo, la USJ viene desarrollando desde 2016 una titulación propia para favorecer y potenciar la formación académica de los farmacéuticos elaboradores, para reforzar su papel como experto en la elaboración de medicamentos individualizados.

su administración a través de diferentes vías y mediante diferentes dosis, como la nasal, oral, inhalatoria oral, tópica, transdérmica o rectal, por lo que todos (médico prescriptor, paciente y farmacéutico) podemos obtener grandes ventajas ante situaciones como las siguientes¹³:

- Necesidad de recurrir a un principio activo que no esté disponible como especialidad farmacéutica.
- Necesidad de recurrir a un ajuste de dosis, forma farmacéutica o vía de administración o debido a las características fisiológicas del paciente.
- Necesidad de modificar la composición del excipiente que, por sus características, no sea bien tolerado por el paciente.
- Necesidad de disponer de una forma farmacéutica no existente en el mercado.

Siempre debemos tener en cuenta que la denominada formulación magistral cumple los mismos requisitos en cuanto a calidad de elaboración que el resto de medicamentos comercializados y, por ello, los medicamentos individualizados se elaboran en base a una serie de normas de correcta elaboración y control de calidad que establece la actual normativa española, con certificaciones GMP y que siempre son elaboradas con sustancias reconocidas legalmente en España conforme a las directrices del Formulario Nacional.

¹³ Todo ello en base al Comunicado emitido en 2016 por el Foro de Atención Farmacéutica en Farmacia Comunitaria, (Foro AF-FC) bajo el título de "Servicios Profesionales Farmacéuticos Asistenciales, definición y clasificación", en el que se hace una reflexión sobre la transformación que está experimentando la farmacia comunitaria y la evolución de su Cartera de Servicios Farmacéuticos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abarca Lachén; Muñoz Méndez; Sánchez-Brunete Santos; Formulación Magistral en Atención Primaria. AEFF, 2013.
2. Atienza Fernández; Martínez Atienza; Formulación en Farmacia Pediátrica, 2ª edición. Sevilla, Hospital infantil Virgen del Rocío, 2002.
3. Domínguez Rodríguez; Abarca Lachén, Muñoz Méndez; Sánchez-Brunete Santos; Cuidados paliativos y Formulación Magistral. Manual del Paliativista. 2ª edición revisada y aumentada, Málaga, 2014.
4. Sánchez Nevado; Hidalgo Pérez; Formas farmacéuticas líquidas orales. Panorama actual del medicamento, 40 (394), 598-602, 2016.
5. "Prescripción magistral" fagron, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.fagron.es/dermatologia/newsletter/prescripcionmagistral.php>. [Accedido en: 27-abr-2018]
6. "Blog de investigación y desarrollo del medicamento individualizado", formulación magistral, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.formulacionmagistral.org/blog/>. [Accedido: 01-may-2018]
7. "Bases y jarabes", Guinama, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.guinama.com/blog/formulacion-bases/>. [Accedido: 01-may-2018]
8. "Excipientes varios", Guinama, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.guinama.com/blog/formulacion-bases/>. [Accedido: 01-may-2018]
9. "Discontinued medications search" Compounding today, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.compoundingtoday.com/Meds/>. [Accedido: 03-may-2018]
10. "Foro Farmacia Comunitaria", Portalfarma, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.portalfarma.com/inicio/serviciosprofesionales/forofarmaciacomunitaria/comunicaciones/Documents/2016-6o-Comunicado-FORO-AF-FC-Servicios-Profesionales-Farmaceuticos-Asistenciales.pdf>. [Accedido: 28-abr-2018]
11. España. Real Decreto 175/2001, de 23 de febrero, por el que se aprueban las normas de correcta elaboración y control de calidad de fórmulas magistrales y preparados oficinales. [En línea] Boletín Oficial del Estado, núm. 65, de 16/03/2001. [Accedido: 08-may-2018]. Disponible en <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-5185>
12. Xunta de Galicia. Núm. 249 de 24-12-2003 Pág. 15.987. [Accedido: 06-may-2018]. Disponible en http://www.xunta.es/dog/Publicados/2003/20031224/Anuncio23776_es.html

BREVES CONSIDERACIONES ACERCA DE LA PRÁCTICA DE LA ARQUEOLOGÍA EN EL ESCENARIO BRASILEÑO: LA ARQUEOLOGÍA PREVENTIVA Y ALGUNAS CONTRIBUCIONES

Lucas de Paula Souza Troncoso

Arqueólogo Empresa Zanettini Arqueología, Máster en Arqueología; Doctorando del Programa de Postgrado en Arqueología del Museo de Arqueología y Etnología de la Universidad de São Paulo.

RESUMEN

Esta reflexión pretende presentar, a partir de experiencias personales, algunos ejemplos de estudios realizados en el ámbito de la arqueología preventiva, modalidad de investigación que se encontró ante un crecimiento cuantitativo y cualitativo, en territorio brasileño, a lo largo de las dos últimas décadas, cuyos resultados permitieron el desarrollo de investigaciones de carácter académico, evidenciando, en ese sentido, cuan indisociable esta vertiente disciplinaria es de aquella practicada en el interior de las universidades, además de su relevancia para la preservación del patrimonio arqueológico.

INTRODUCCIÓN

La discusión que involucra la formación académica y profesional de un arqueólogo en tierras brasileñas se hace presente en el seno de la disciplina desde hace al menos dos décadas (Bezerra, 2008; Caldarelli, 2007; Caldarelli & Santos, 1999-2000; Caromano et al., 2014; Duran et al., 2014; Funari, 1999-2000; 2013; Ossami de Moura, 2014; Seda, 2014; Zanettini, 2010; Zanettini & Wichers, 2014), dentro del contexto marcado por el crecimiento exponencial de las investigaciones arqueológicas desarrolladas en el marco del licenciamiento ambiental de los más diversos tipos de emprendimientos, conforme se exige en la legislación ambiental establecida a partir de la segunda mitad de la década de 1980.

En este sentido, acompañando tal crecimiento, caracterizado por la recuperación económica entre las décadas de 1990 y

2000, cabe destacar la creación de una cantidad considerable de cursos de graduación, además de la ampliación de los programas de postgrado ya existentes, factores que motivaron una gran preocupación sobre la conducción de investigaciones calcadas en las mejores prácticas y presupuestos teórico-metodológicos rigurosos que busquen los valores potenciales del patrimonio arqueológico para la sociedad.

Como apuntado por Caldarelli & Santos (1999-2000), el origen de la arqueología preventiva en Brasil está asociado a la arqueología de rescate, cuyo desarrollo se hizo posible en virtud de la promulgación de la Ley 3.924 / 61, que prohíbe la destrucción o mutilación, para cualquier fin, de la totalidad o parte de los yacimientos arqueológicos, lo que se considera crimen contra el patrimonio nacional. En este escenario, cualquier proyecto de ingeniería que pueda causar algún impacto al medio ambiente y a los yacimientos arqueológicos eventualmente asociados al mismo deberá ser responsable por la financiación de los estudios pertinentes. Se destaca también la Portaria IPHAN nº 230 de 17 de diciembre de 2002, que normalizó, hasta el año 2015, la investigación arqueológica en el seno de los estudios de impacto ambiental, siendo entendida como un marco en el licenciamiento ambiental, en definitiva, en la obtención de los permisos, que permitió el incremento de los estudios arqueológicos en este escenario (Zanettini & Wichers, 2014).

De esta manera, podemos señalar que la arqueología preventiva comprende un conjunto de acciones destinadas a la identificación, registro y protección del patrimonio arqueológico antes de verse afectado por un determinado

tipo de impacto, buscando reducir, siempre que sea posible, la destrucción de determinado bien patrimonial, basándose en legislación y regulaciones específicas en el marco del licenciamiento ambiental. Es una modalidad de investigación marcada por actividades dirigidas a la protección y gestión del patrimonio arqueológico ante posibles impactos provenientes de obras de infraestructura, por ejemplo, y que busca conocer, de la mejor manera posible, las evidencias móviles o inmuebles antes de su destrucción, con el fin de discutir posibilidades acerca de su conservación y estudio.

De acuerdo con Shanks (2005), el campo profesional de la gestión de los recursos culturales, donde se inserta la práctica de la arqueología preventiva, demanda, como una especie de obligación, que los arqueólogos encaren la necesidad y responsabilidad profesional de compartir los resultados de sus investigaciones no sólo con la academia, sino con el público en general, en una especie de dinámica que involucra intereses públicos y académicos, teniendo en cuenta que la arqueología ofrece, entre otras cosas, una ventana hacia el pasado distante que aumenta nuestra comprensión acerca del desarrollo humano, social y tecnológico. Para profesionales, investigadores académicos, y el público en general, yacimientos arqueológicos proporcionan informaciones valiosas y experiencias, las cuales deben ser mantenidas en beneficio de las generaciones futuras también (Mason & Avrami, 2000).

Por su parte, Caldarelli (2010) apunta que entre los principales objetivos de los que se dedican al estudio y la gestión de bienes arqueológicos junto a áreas destinadas a sufrir impactos ambientales están la detección, preservación y evaluación del grado de significancia de esos bienes, que en muchos casos son imperceptibles, no sólo para la producción de conocimiento, sino también para compartir lo mismo con todos los grupos interesados, sean actuales o futuros.

Ante la complejidad que envuelve el tema expuesto, y teniendo en cuenta los objetivos de este trabajo, no se profundizarán, en este momento, cuestiones sobre los caminos que conducen a la formación de un arqueólogo en Brasil. Podemos señalar, sin embargo, que la mayor parte de la investigación arqueológica desarrollada en territorio nacional brasileño es fruto de estudios de carácter preventivo, asociados al licenciamiento ambiental, cuyos resultados permitieron la conducción de una serie de investigaciones académicas, entre proyectos de máster y doctorado, en los diversos programas de postgrado en arqueología, como pretendemos demostrar con el ejemplo presentado a partir del estudio de un pueblo de explotación minera del siglo XVIII.

EL ARRAIAL DE SAN FRANCISCO XAVIER DE LA CHAPADA Y ESTUDIOS DE ARQUEOLOGÍA PREVENTIVA

El yacimiento arqueológico Arraial de San Francisco Xavier de la Chapada está ubicado en el ayuntamiento de Vila Bela da Santíssima Trindade, en el estado de Mato Grosso, y es objeto de estudios de arqueología preventiva desde la década de 1990, ya que se sitúa en una zona de explotación minera dedicada a la extracción de oro, por lo tanto sujeto a los estudios exigidos por la legislación brasileña en el marco del proceso de licenciamiento ambiental (Figura 1).

La identificación del yacimiento arqueológico y su registro junto al IPHAN (Instituto del Patrimonio Histórico y Artístico Nacional) se dio en 1989, a partir de estudios promovidos por la extinta Fundación Nacional Pro Memoria, que buscaban reconocer y registrar manifestaciones materiales del período colonial asociadas a quilombos (territorio donde vivían los esclavos fugitivos que habían escapado de las plantaciones y minas controladas por esclavistas) en el valle del río Guaporé (Zanettini, 1989).

La divulgación ocurrida en torno al patrimonio evidenciado en la región, seguida de la identificación del arraial, aliada a su integridad, excepcionalidad y significancia histórica, despertó el interés de los estudiosos y profesionales ligados a los órganos de preservación en ámbito federal y estadual, siendo desencadenada la discusión a favor de su protección. Sin embargo, la discusión en torno a los destinos del yacimiento histórico arqueológico ganó cuerpo tras una década, como consecuencia del desarrollo de estudios ambientales orientados al licenciamiento de la mina de oro San Francisco, ubicada en terreno adyacente al yacimiento arqueológico. De esta forma, el interés por su protección y cuidado se vio reavivado, siendo establecidas alternativas para la instalación del emprendimiento en zonas adyacentes, para mantener el área nuclear del yacimiento a salvo de intervenciones y obras (Zanettini Arqueología, 2015).

A partir de los años 2000, se ofrecieron nuevos parámetros y se amplió el alcance de las acciones previstas en los estudios arqueológicos, siendo establecida definitivamente, en el año 2007, una figura de protección del área nuclear del Arraial de San Francisco Xavier de la Chapada por el gobierno del Estado de Mato Grosso. El perímetro del yacimiento arqueológico, originalmente indicado, fue reevaluado, ganando su conformación final, ampliada, a través del acompañamiento por parte del equipo técnico de la Superintendencia Regional del Iphan de Mato Grosso. Así, cabe destacar que las medidas de protección fueron entendidas, en ese momento, como la

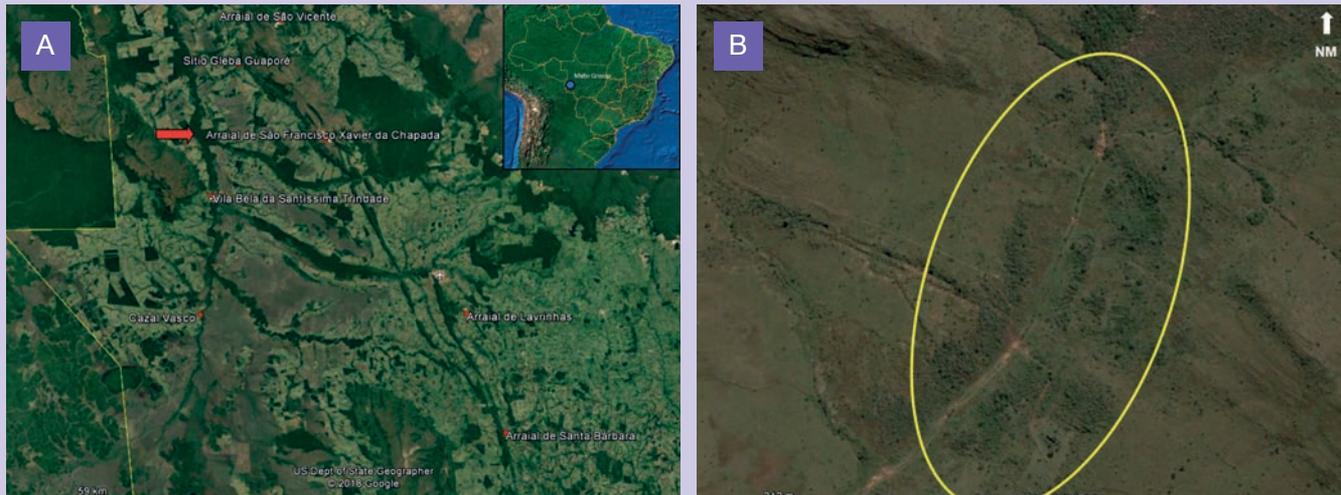


FIGURA 1: A) Imagen aérea del área nuclear del Arraial (Google Earth, 2018); B) Ubicación del Arraial de San Francisco Xavier de la Chapada (indicación) en relación a otros yacimientos asociados a la explotación minera colonial en el siglo XVIII en la región del Guaporé.

herramienta adecuada para la preservación del Arraial de San Francisco Xavier de la Chapada (Zanettini Arqueología, 2010).

Frente a los estudios realizados, fue posible establecer la delimitación del área nuclear del arraial, objeto de protección, la cual se caracteriza por la presencia de evidencias relacionadas con la actividad de explotación minera, así como por conjunto arquitectónico de edificaciones erigidas con bloques rocosos superpuestos, dispuestos a lo largo de un área con aproximadamente treinta y cinco hectáreas, donde es posible observar las ruinas de los remanentes estructurales de caserío relacionado a edificaciones de carácter religioso, domésticas y ligadas a la explotación mineral (Figura 2).

Dada la relevancia de este yacimiento arqueológico para el contexto de la explotación minera del período colonial

brasileño, el mismo fue incorporado a un programa de investigación a largo plazo que tiene como objetivo la obtención de parámetros que permitan la reconstitución de aspectos de la vida cotidiana del arraial colonial y del sistema minero en el valle del Guaporé a lo largo de los siglos XVIII y XIX, en base a diversas fuentes: registros escritos, iconográficos y arqueológicos (artefactos y evidencias derivadas de la actividad de explotación mineral) (Troncoso, 2015; 2017a; Zanettini Arqueología, 2011).

Este proyecto de investigación, denominado Programa de Prospecciones, Rescate y Monitoreo Arqueológico - Proyecto San Francisco, viene siendo desarrollado por Zanettini Arqueología, consultoría científica orientada al estudio del patrimonio arqueológico, histórico y cultural, e implicó



FIGURA 2: Ejemplos de remanentes estructurales en el Arraial de San Francisco Xavier da Chapada. (Zanettini Arqueología, 2011).

acciones de prospección, excavaciones sistemáticas y seguimiento periódico del emprendimiento de explotación minera ubicado en área inmediatamente adyacente al bien cultural en cuestión. De esta forma, de acuerdo con Zanettini (2011), las actividades de investigación continuas efectuadas en el marco del monitoreo arqueológico de este programa tienen como objetivo

“Acompañar la evolución de las obras de la minería moderna en relación al área protegida del Arraial; evaluar posibles impactos en las ruinas resultantes del emprendimiento (influencias antrópicas); evaluar posibles impactos en las ruinas resultantes del medio biótico; identificar eventuales vestigios arqueológicos, dentro del cronograma anual de campañas arqueológicas del equipo, aún desconocidos en el interior del Arraial para calificar el área de modo más detallado; evaluar el grado de integridad y la relevancia de las nuevas evidencias detectadas; (...), en el marco de los vestigios arqueológicos como bien no renovable de la Unión” (Zanettini Arqueología, 2011).

En vista de la implicación del autor de este ensayo con el programa de investigación aquí mencionado, y ante el potencial presentado por el yacimiento en lo que se refiere a la comprensión del pasado de la explotación minera, se vislumbró la posibilidad de discutir determinados aspectos del Arraial de San Francisco en el marco del desarrollo del trabajo de investigación de máster (Troncoso, 2013), y doctorado en fase de conclusión (Programa de Postgrado en Arqueología del Museo de Arqueología y Etnología de la Universidad de São Paulo). De este modo, exponemos, a continuación, una breve contextualización acerca de las investigaciones académicas derivadas del programa de arqueología preventiva realizado en el Arraial de San Francisco Xavier de la Chapada.

ARQUEOMETALURGIA, MINERÍA Y POSIBILIDADES INTERDISCIPLINARES

La Tese de máster, titulada “Un estudio arqueometalúrgico de los artefactos rescatados del Arraial de San Francisco Xavier de la Chapada, Mato Grosso”, de carácter interdisciplinario, buscó reflexionar sobre las posibilidades que la Arqueometalurgia pone a disposición de la arqueología, como un enfoque que permite la aproximación del conocimiento de diversos aspectos de la actividad metalúrgica y su papel en la sociedad y en la economía de las comunidades del pasado a partir del análisis de objetos metálicos identificados en el Arraial de San

Francisco Xavier de la Chapada, provenientes de excavaciones sistemáticas realizadas en el yacimiento arqueológico.

La arqueometalurgia es el estudio de estructuras metálicas, artefactos, productos y desechos de minería, y puede ser aplicada tanto durante las actividades de campo, como en el trabajo post excavación, cuando de la necesidad de identificación e interpretación de las estructuras provenientes del trabajo sobre el metal. La naturaleza de las tecnologías utilizadas en el pasado, así como su impacto social y económico, puede ser reconstruida a partir de técnicas científicas aplicadas sobre evidencias identificadas en el registro arqueológico. De esta forma, la investigación arqueometalúrgica puede proporcionar, por ejemplo, evidencias acerca de la naturaleza y escala de la actividad minera, además de aspectos de los procesos de fundición, refinamiento y transformación de artefactos, siendo fundamental para el entendimiento de la economía de un determinado yacimiento, la naturaleza de su ocupación, la capacidad tecnológica de sus ocupantes y afinidades culturales.

El conjunto de artefactos identificados durante los estudios promovidos junto al Arraial de San Francisco Xavier de la Chapada se caracteriza, en su mayoría, por artefactos metálicos asociados a la vida cotidiana de un campo de minería, contando con ejemplos de piezas de indumentaria, placas de cerraduras, llaves, mecanismos de armas de fuego, crisoles, clavos, hoja de cuchillos, entre otros artefactos metálicos (Figura 3) de los cuales se eligió una muestra compuesta por tres artefactos, a saber: un clavo, una bisagra y un cuchillo.

Los análisis arqueometalúrgicos se realizaron junto al Laboratorio de Caracterización Microestructural “Hubertus Colpaert” y al Laboratorio de Microscopía Electrónica, ambos del Departamento de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales de la Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo, y buscaron evaluar la microestructura de los artefactos metálicos seleccionados con el fin de observar rastros de su proceso de confección.

En lo que se refiere a los resultados alcanzados a partir de la observación de la microestructura de los artefactos analizados, podemos señalar, de manera general, que las tres muestras presentaron características microestructurales bastante similares, marcadas por la presencia de matriz ferrítica, componente preponderante de artefactos cuyo principal elemento es el hierro (Figura 4).

De la misma forma, debido a la variación de tamaño de los componentes microestructurales de las muestras (granos de ferrita), se puede inferir que las piezas pudieran haber sido confeccionadas por medio de un proceso conocido por caldeo,



FIGURA 3: Ejemplos de artefactos metálicos provenientes de las excavaciones arqueológicas realizadas en el interior del Arraial de San Francisco Xavier da Chapada (Troncoso, 2013).

basado en la unión de otras piezas menores de hierro, a través de su calentamiento, siendo las mismas soldadas, dispuestas una sobre la otra, golpeadas repetidas veces, en un proceso de forja, hasta que las piezas se unen.

Sin embargo, la microestructura de la muestra correspondiente al cuchillo presentó algunas particularidades en la porción que corresponde a su filo, donde es posible notar la predominancia de martensita (fase cristalina en aleaciones ferrosas), estructura con alta concentración de carbono, producto del proceso de endurecimiento, que surge después del proceso de temple. Siendo así, se puede deducir que, por tratarse de una herramienta cortante, la lámina del cuchillo debe haber sido objeto de tratamiento térmico a través del cual se endurecen los artefactos compuestos de hierro (Troncoso, 2013; 2017b).

Teniendo en cuenta lo expuesto, podemos afirmar que la temática arqueometalúrgica, al combinar un análisis científico con aspectos técnicos y teóricos, puede revelar muchos parámetros de las tecnologías metalúrgicas pasadas, permitiendo contextualizarlas a partir de un abordaje preocupado con la interpretación contextual del objeto de estudio y su relación con los individuos en su contexto sistémico.

LA GESTIÓN DEL ARRAIAL DE SAN FRANCISCO XAVIER DE LA CHAPADA Y PERSPECTIVAS FUTURAS

A su vez, la investigación de doctorado, aún en marcha, titulada "Horizontes mineros: arqueología de la minería y la gestión

del patrimonio arqueológico bajo la óptica del licenciamiento ambiental", busca reflexionar sobre la importancia de estudios de arqueología preventiva ante la preservación del patrimonio a partir del establecimiento de herramientas de valoración que reflejen sobre el proceso de custodia del patrimonio cultural, en la forma de testimonios materiales e inmateriales identificados en el contexto de ocupación del Arraial de San Francisco Xavier de la Chapada. A tal fin, entendemos que es posible la práctica de una arqueología preventiva basada en el rigor científico, que objetive la proposición de enfoques críticos sobre el papel de la arqueología como instrumento que permita demostrar la importancia del patrimonio arqueológico, garantizando su defensa y preservación.

Así, una vez entendidas las potencialidades de la arqueología, por medio de mecanismos propios de evaluación y significación, y ante los componentes materiales que marcan ese pasado de explotación minera, quisiéramos discutir cómo la arqueología, en especial la arqueología preventiva, puede contribuir con la preservación de los remanentes que marcan el patrimonio arqueológico de estos contextos en cuestión. Los emprendimientos de explotación minera donde hoy se encuentran tales contextos poseen un período de vida útil de operación. Alcanzado el límite de este período, se da la efectiva desactivación de las actividades de extracción del mineral. En este contexto, para el caso específico del Arraial de San Francisco Xavier de la Chapada, el programa de arqueología preventiva en el que se inserta también ha buscado insumos para fundamentar propuestas dirigidas a su futuro uso público (Troncoso, 2015; 2017a; Zanettini Arqueología, 2015).

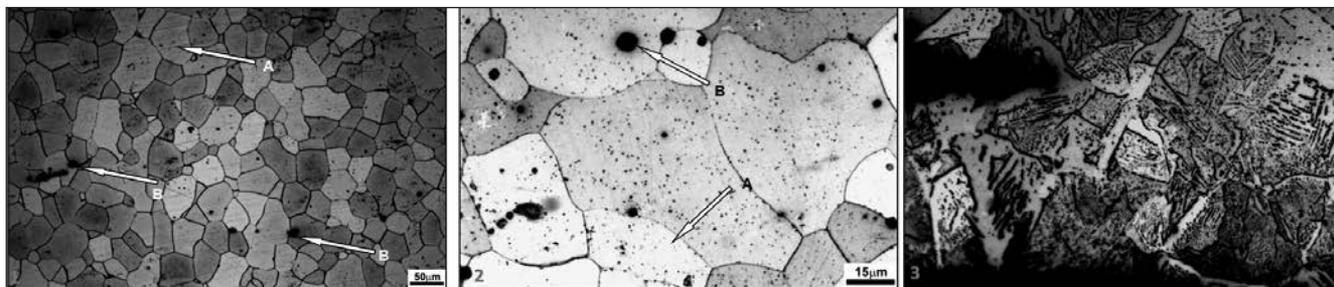


FIGURA 4: Ejemplos del análisis de la microestructura de los artefactos metálicos: 1) Muestra 1, con aumento de 200x, donde es posible observar la predominancia de ferrita (fase clara), con granos de morfología equiaxial (A), e inclusiones de escoria con morfología redondeada (B); 2) Muestra 2, con aumento de 1000x, donde es posible observar la predominancia de ferrita (fase clara), con granos de morfología equiaxial (A), e inclusiones de escoria con morfología redondeada (B); 3) Muestra 3, con aumento de 1000x, donde es posible observar la predominancia de martensita, estructura con alta concentración de carbono, proveniente de proceso de endurecimiento.

De esta forma, esperamos que la discusión aquí presentada, aunque sea incipiente, pueda contribuir a modo de reflexión sobre las posibilidades, prácticas y objetivos de la gestión de los recursos arqueológicos. Las acciones desarrolladas en el marco del monitoreo arqueológico del Arraial han proporcionado una serie de elementos válidos para el manejo del área protegida, con la evaluación periódica de los posibles efectos negativos frente al patrimonio, como consecuencia de la operación de minería contemporánea instalada en su entorno inmediato (Zanettini Arqueología, 2015).

Aunque, de forma general, las investigaciones realizadas en el campo permitan la creación de museos y colaboren para la expansión y mantenimiento de sus acervos, debemos tener en cuenta que la restricción del patrimonio a reservas técnicas o exposiciones indica que uno de los aspectos más importantes en el marco que se refiere a la preservación del patrimonio arqueológico se perdió, que es su preservación in situ, o sea, el mantenimiento de su contexto (Caldarelli, 2010). De esta forma, este proyecto de investigación pretende, a través de reflexiones críticas, proponer caminos para la elaboración de un plan de gestión que proporcione elementos para el establecimiento de una especie de “unidad de conservación”, o instrumento de preservación similar, que incorpore, utilizando los criterios arqueológicos, los remanentes del patrimonio que caracteriza el yacimiento arqueológico Arraial de San Francisco Xavier de la Chapada, a fin de que se preserve este conjunto arqueológico significativo para las generaciones futuras, entendidas también como parte interesada en el proceso de conocimiento del pasado común a todos.

CONSIDERACIONES FINALES

Esperamos que los ejemplos señalados en este trabajo puedan haber ilustrado, aunque sucintamente, las posibilidades de establecimiento de un diálogo provechoso entre investigaciones

arqueológicas de carácter preventivo y académico. Como se ha señalado por Seda (2014), debemos tener en cuenta que, a pesar de la aparente dicotomía entre la práctica de la arqueología académica y la arqueología preventiva, ambas forman parte de una única disciplina, pudiendo diferir, eventualmente, sólo en lo que se refiere a estrategias y objetivos inmediatos. Ambos campos comparten, sin embargo, la misma filosofía y objetivos, siendo la arqueología preventiva tan científica como la académica (Seda, 2014).

Es innegable que la arqueología preventiva sea responsable por la realización de la mayoría de las investigaciones desarrolladas en Brasil, especialmente en el ámbito del licenciamiento ambiental, habiendo posibilitado la creación de una serie de espacios para los profesionales del área. De igual forma, debemos tener en mente que esta modalidad de investigación también es responsable por revelar, según lo destacado por Araujo (2011, p.2), “una muestra confiable del patrimonio arqueológico de una determinada región, con excavaciones bien hechas, bien registradas y colecciones representativas”.

Las posibles deficiencias y fragilidades asociadas al campo de la arqueología preventiva deben ser reparadas a partir del establecimiento de una relación dialógica con la academia, espacio donde se debe discutir el papel de los programas de los cursos de graduación y postgrado en la formación de arqueólogos asociados sea a la academia o a la arqueología preventiva, recordando que la práctica de la arqueología preventiva, además de ser entendida como un potencial campo de formación, presenta gran potencial para la proposición de problemáticas científicas a partir de los resultados de sus investigaciones.

REFERENCIAS

1. ARAUJO, A. G. M. (2011). ESPAÇO, ORGANIZAÇÃO SOCIAL E TECNOLOGIA. Palestra proferida na Segunda Semana de Arqueologia do MAE/USP.
2. BEZERRA, M. (2008). Bicho de Nove Cabeças: Os cursos de graduação e a formação de arqueólogos no Brasil. *Revista de Arqueologia*, 21, n.2: 139-154.
3. CALDARELLI, S. B. (2007). Pesquisa arqueológica em projetos de infraestrutura: a opção pela preservação. *Revista do Patrimônio*, 33: 153-174. Rio de Janeiro: IPHAN-Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, número especial sobre Arqueologia e Preservação.
4. CALDARELLI, S. B. (2010). Participação da arqueologia na criação de Unidades de Conservação no Brasil como medida compensatória aos impactos sobre o patrimônio arqueológico. 1.ª Conferência da REDE de Língua Portuguesa de Avaliação de Impactos Lisboa (Fundação Cidade de Lisboa), 16-19 de junho de 2010.
5. CALDARELLI, S. B.; SANTOS M. do C. M. M. (1999-2000). Arqueologia de contrato no Brasil. *Revista da USP*, São Paulo, n 44, p. 52-73.
6. CAROMANO, C. F.; TRINDADE, T. B.; CASCON, L. M. (2014). O Ensino da Arqueologia visto dos bancos da Pós-graduação. *Habitus*, v. 12, p. 205-220.
7. DURAN, L. D.; CAMARGO, P. B.; RAMBELLI, G.; CALLIPO, F. R. (2014). Educando Embaixo D'Água: O Ensino da Arqueologia Subaquática no Brasil (1992-2014). *Habitus*, v. 12, p. 257-270.
8. FUNARI, P. P. A. (1999-2000). Como se tornar arqueólogo no Brasil. *Revista da USP*, São Paulo, n 44, p. 74-85.
9. FUNARI, P. P. A. (2013). Arqueologia no Brasil e no Mundo: origens, problemáticas e tendências. *Ciência e Cultura*, v. 65, p. 23-25.
10. MASON, R.; AVRAMI, E. (2000). Heritage Values and Challenges of Conservation Planning. In: Management planning for archaeological sites: an international workshop organized by the Getty Conservation Institute and Loyola Marymount University, 19-22 May 2000, Corinth, Greece.
11. OSSAMI DE MOURA, M. C.; SCHMIDT, R. (2014). O Ensino da Antropologia e sua Aproximação com o Campo Disciplinar da Arqueologia. *Habitus* (UCG. Impreso), v. 12, p. 307-318.
12. SEDA, P. (2014). A Graduação em Arqueologia na UERJ - um curso em construção. *Habitus*, v. 12, p. 221-238.
13. SHANKS, M. (2005). Public Archaeology/Museology/Conservation/Heritage. In: RENFREW, Colin; BAHN, Paul. *Archaeology: key concepts*. Routledge. London.
14. TRONCOSO, L. P. S. (2013). Um estudo arqueometalúrgico dos artefatos resgatados do Arraial de São Francisco Xavier. Dissertação (mestrado), MAE-USP, São Paulo.
15. TRONCOSO, L. P. S. (2015). Horizontes mineradores: arqueologia da mineração e a gestão do patrimônio arqueológico sob a ótica do licenciamento ambiental. Projeto de Doutorado apresentado ao Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
16. TRONCOSO, L. P. S. (2017a) Reflexões e possibilidades acerca da gestão do patrimônio arqueológico no contexto de um arraial de mineração do século XVIII. In: 1º Simpósio Científico do ICOMOS Brasil, 2017, Belo Horizonte, Minas Gerais. 1º Simpósio Científico do ICOMOS Brasil.
17. TRONCOSO, L. P. S. (2017b). A relação interdisciplinar entre a arqueologia e a arqueometalurgia no âmbito do estudo de um arraial de mineração colonial. *Habitus*, v. 15, p. 319-342.
18. ZANETTINI ARQUEOLOGIA. (2010). Projeto São Francisco – Monitoramento Arqueológico Ano de 2009. Vila Bela da Santíssima Trindade / Conquista D'Oeste. Zanettini Arqueologia, fevereiro de 2010. Relatório Final.
19. ZANETTINI ARQUEOLOGIA. (2011). Projeto São Francisco – Monitoramento Arqueológico Ano de 2011. Vila Bela da Santíssima Trindade / Conquista D'Oeste. Relatório Final.
20. ZANETTINI ARQUEOLOGIA. (2015). Projeto São Francisco – Monitoramento Arqueológico Ano de 2011. Vila Bela da Santíssima Trindade / Conquista D'Oeste. Relatório Consolidado das Ações de Monitoramento Arqueológico (2005-2014).
21. ZANETTINI, P. E. (1989). Etnoarqueologia do negro no Mato Grosso: reconhecimento arqueológico e cadastro de sítios. S.I. Pró Memória, mimeo.
22. ZANETTINI, P. E. (2010). Qual o Futuro Desejamos para a Arqueologia no Brasil, *Arqueologia em debate*. *Jornal da Sociedade de Arqueologia Brasileira*, nº. 02, 19-22.
23. ZANETTINI, P. E.; WICHERS, Camila. A. M. (2014). Arqueologia Preventiva e o Ensino de Arqueologia no Brasil. *Habitus*, v. 12, p. 239-255.

TIBURONES PRESENTES EN LAS AGUAS DE GALICIA: NOTAS SOBRE IDENTIFICACIÓN, ESTATUS Y CONSERVACIÓN (2ª PARTE)

Gonzalo Mucientes^{1,2,3}; Toño Maño^{2,3}

¹ Research Centre in Biodiversity and Genetic Resources (CIBIO-InBIO), Universidade do Porto

² Asociación Ecoloxía Azul - Blue Ecology (BEC)

³ Grupo de Estudio do Medio Mariño (GEMM)

ORDEN LAMNIFORMES

Familia Mitsukurinidae	MITSUKURINA OWSTONI Jordan, 1898	
	QUENLLA FUCIÑUDA (GAL); TIBURÓN DUENDE (ES); GOBLIN SHARK (IN) (FIGURA 6)	
	IDENTIFICACIÓN	Cuerpo alargado rematado en un largo morro espatulado. Boca estrecha y alargada, mandíbula superior extremadamente protractil. Dientes como agujas, con una sola cúspide larga, estrecha y afilada. Aletas pequeñas y redondeadas.
	BIOLOGÍA	Poco conocida. Vivíparo aplacentario.
	HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Especie de aguas profundas, probablemente hasta los 1300m, si bien la mayoría de capturas se producen entre los 100-960 m.
	FRECUENCIA	Poco frecuente, aunque puntualmente se producen capturas de juveniles por arrastreros que trabajan en el talud, entre Galicia y Portugal.
	INTERÉS COMERCIAL	Nulo.
	REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	Preocupación menor (IUCN). Vulnerabilidad muy alta (90).



FIGURA 6: Quenlla fuciñuda (gal); Tiburón duende (es); Goblin Shark (in)

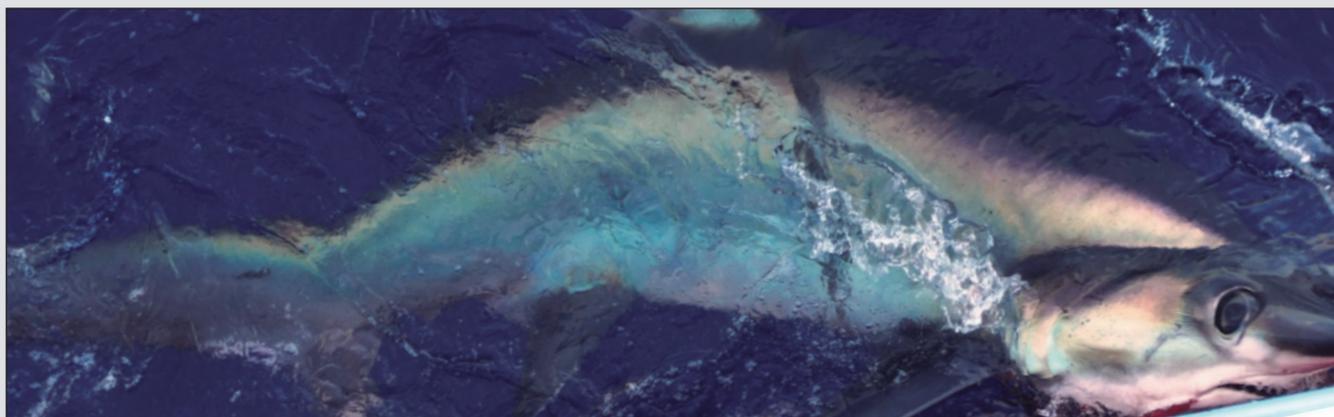


FIGURA 7: Raposo ollón (gal); Zorro negro, zorro ojón (es); Bigeye Thresher (in)

Familia Alopiidae	GÉNERO ALOPIAS SP	
	IDENTIFICACIÓN	Inconfundibles por la extrema longitud del lóbulo superior caudal, tan largo o más que el resto del cuerpo. <i>A. vulpinus</i> tiene ojos moderadamente grandes en posición lateral y presenta una librea gris a azul grisácea en dorso y flancos, y blanca en la superficie ventral y sobre las pectorales, con un cambio de color brusco, bien definido e irregular. En <i>A. superciliosus</i> los ojos son muy grandes, extendiéndose hacia la parte dorsal de la cabeza, y su librea no presenta cambios de color bien delimitado. Presenta además surcos longitudinales en la cabeza formando como un casquete en forma de V.
	BIOLOGÍA	Vivíparos aplacentarios. <i>A. pelagicus</i> con camadas de 2-4 crías (generalmente 2) y <i>A. vulpinus</i> de 2-7
	INTERÉS COMERCIAL	Principalmente sus aletas. Su carne es menos apreciada.
	ALOPIAS VULPINUS Bonnaterre, 1788	
	RAPOSO (GAL); ZORRO BLANCO (ES); THRESHER SHARK (IN)	
	HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Especie pelágica oceánica y costera de distribución mundial. Vinculada a la plataforma continental, parece más abundante a menos de 70 km de tierra.
	FRECUENCIA	Capturado por palangreros de superficie de forma accidental, y en menor medida por redes. Aparece de forma accidental en artes menores en el norte de Galicia.
	CAPTURAS REPORTADAS	Año 2004, 12 506kg; 2005, 49 972kg; 2006, 41 564kg; 2007, 51 725kg; 2008, 68 169kg; 2009, 52 863kg; 2010, 102kg.
	REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	Prohibido en España (Orden ARM/2689/2009 y en el resto de la UE (Regulación EU 2018/120). UNCLOS Anexo I. En peligro en Europa (IUCN). Anexo II de CITES. Vulnerabilidad alta (68).
	ALOPIAS SUPERCILIOSUS Lowe, 1841	
	RAPOSO OLLÓN (GAL); ZORRO NEGRO, ZORRO OJÓN (ES); BIGEYE THRESHER (IN) (FIGURA 7)	
	HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Especie de hábitos pelágicos y distribución global en aguas templadas y tropicales de la plataforma y mar abierto.
	FRECUENCIA	Capturado por palangreros de superficie de forma accidental. Un varamiento reportado en aguas gallegas (playa América, Nigrán) en julio de 2008 por la GEMMA.
REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	Prohibido en España (Orden ARM/2689/2009) y en el resto de la UE (Regulación EU 2018/120). UNCLOS Anexo I. En peligro (IUCN). Anexo II de la CITES. Vulnerabilidad alta (79).	
Familia Cetorhinidae	CETORHINUS MAXIMUS Gunnerus, 1765	
	MOMO, PEIXORRO (GAL); PEREGRINO (ES); BASKING SHARK (IN)	
	IDENTIFICACIÓN	Inconfundible en superficie por su gran tamaño y puntas de aletas dorsal-caudal emergidas.
	BIOLOGÍA	Poco conocida. Posiblemente vivíparo aplacentario con oofagia. Una camada reportada de 6 embriones. Tasa reproductiva muy baja, ciclo reproductivo bianual.
	HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Epipelágico, oceánico y costero de amplia distribución en el Atlántico y el Pacífico. Cerca de la superficie en verano en aguas templadas y frías y bajo la termoclina en latitudes más tropicales y ecuatoriales.
	FRECUENCIA	Todos los años se producen avistamientos, estacional.
	INTERÉS COMERCIAL	Escaso, exceptuando las aletas.
REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	Barcelona Anexo II; Berna apéndice IIB; CMS Apéndice I y IID; UNCLOS Anexo I; OSPAR (todas las regiones); CITES IIC. Prohibida su captura en la UE con TAC en Noruega e Islas Feroe; Malta y Croacia legislación nacional; protegido en UK, mar de Irlanda, Isla de Man y Guernsey. En peligro en el Atlántico NE (IUCN). Vulnerabilidad muy alta (86).	

Familia Lamnidae	IDENTIFICACIÓN	Cuerpo fusiforme y compacto, con un morro cónico y ojos sin membrana nictitante. Primera dorsal alta, la segunda diminuta. Cola homocerca, en forma de media luna. Pedúnculo caudal ensanchado lateralmente por dos potentes quillas.
	ISURUS OXYRINCHUS Rafinesque, 1810	
	MARRAXO (GAL); MARRAJO AZUL, MARRAJO DIENTUSO (ES); SHORTFIN MAKO (IN) (FIGURA 8).	
	IDENTIFICACIÓN	Cuerpo fusiforme muy estilizado. Morro largo y afilado. Sin quillas secundarias en la base de la caudal. Grandes dientes en forma de hoja de cuchillo, sin cúspides ni recortaduras. Color azul acerado oscuro, más claro en los flancos y blanco en la superficie ventral con cambio de color brusco.
	BIOLOGÍA	Vivíparo aplacentario con oofagia, camadas de 6 a 12 fetos.
	HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Oceánico y meso/epipelágico en aguas templadas y tropicales de todos los océanos, aproximadamente entre los 50°N y 50°S.
	FRECUENCIA	Relativamente frecuente, cada vez menos, principalmente en aguas cálidas (17-22°C).
	INTERÉS COMERCIAL	Muy alto para palangreros de superficie, en cuanto a tronco y aletas.
	CAPTURAS REPORTADAS	Año 2004, 1565kg; 2008, 185 416kg; 2009, 198 852kg; 2010, 475 072kg; 2011, 351 124kg; 2012, 313 920kg; 2013, 280 028kg; 2014, 188 073kg; 2015, 182 931kg; 2016, 122 481kg; 2017, 126 638kg.
	REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	Barcelona Anexo III; Berna Apéndice IIIB; UNCLOS Anexo I. Vulnerable (Atlántico) y Datos insuficientes en Europa (IUCN). Sobreexplotado en el Atlántico norte según última evaluación ICCAT. Vulnerabilidad muy alta (83).
	LAMNA NASUS Bonnaterre, 1788	
	MARRAXO SARDIÑEIRO (GAL); CAILÓN, MARRAJO SARDINERO (ES); PORBEAGLE (IN) (FIGURA 9).	
	IDENTIFICACIÓN	Cuerpo rechoncho, morro corto y romo. Mancha blanca en la base posterior de la primera dorsal, que es alta y de ápice redondeado. Quilla secundaria en la base de la caudal. Dientes tricúspides, de bordes lisos y cortantes; dos cúspides basales.
	BIOLOGÍA	Vivíparo aplacentario con oofagia. Camadas de entre 1 y 5 neonatos.
	HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Pelágico, epipelágico y litoral de aguas costeras y oceánicas frías a templadas, entre 1 y 18°C. Atlántico Norte, Mediterráneo (ausente en el mar Negro). Atlántico sur, Índico sur, Pacífico sur e, incluso, Antártico.
FRECUENCIA	Relativamente frecuente en zonas más frías que el marrajo azul, encontrándose en ocasiones próximo a las rías.	
INTERÉS COMERCIAL	Alto debido a sus aletas, actualmente prohibida su captura.	
CAPTURAS REPORTADAS	2001, 504 639kg; 2002, 833 035kg; 2003, 594 774kg; 2004, 404 942kg; 2005, 344 112kg; 2006, 337 632kg; 2007, 565 971kg; 2008, 479 522kg; 2009, 468 385kg; 2010, 103 112kg; 2011, 76kg; 2012, 40kg; 2013, 2894kg; 2014, 8kg; 2015, 108kg; 2016, 1kg; 2017, 255kg.	
REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	En peligro crítico en Europa (IUCN.) Barcelona Anexo III; Berna Apéndice IIIB; UNCLOS Anexo I; OSPAR (todas las regiones). Prohibido en la UE (Regulación EU 2018/120). TAC en el Mar del Norte, Noruega e Islas Feroe. Vulnerabilidad muy alta (86).	

(NOTA: DEBIDO AL GRAN NÚMERO DE ESPECIES COMENTADAS, EL TRABAJO COMPLETO SE PRESENTA A LOS LECTORES EN EL VOLUMEN 10 DE LA REVISTA INVESTIGACIÓN REPARTIDO EN DOS SECCIONES, LA PRIMERA EN EL NÚMERO 19, Y LA SEGUNDA EN EL NÚMERO 20)



FIGURA 8: Marraxo (gal); Marrajo azul, marrajo dientuso (es); Shortfin mako (in)



FIGURA 9: Marraxo sardiñeiro (gal); Cailón, Marrajo sardinero (es); Porbeagle (in)

Familia Lamnidae	ISURUS PAUCUS		Guitart, 1966
	MARRAXO DE ALETAS LONGAS (GAL); MARRAJO CARITE (ES); LONGFIN MAKO (IN)		
	IDENTIFICACIÓN	Cuerpo fusiforme, con grandes aberturas branquiales laterales, un morro cónico y un pedúnculo caudal dotado de fuertes quillas laterales; igualmente, la cola es homocerca, en forma de media luna.	
	BIOLOGÍA	Vivíparo aplacentario con camadas de 2 a 8 fetos.	
	HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Oceánico y meso y epipelágico. Aguas cálidas y templadas de todo el mundo, particularmente el Atlántico occidental y el Pacífico central.	
	FRECUENCIA	Poco frecuente y confundido con el marrajo azul.	
	INTERÉS COMERCIAL	Alto en cuanto a tronco y aletas.	
	REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	UNCLOS Anexo I. Datos insuficientes en Europa según la IUCN. Vulnerabilidad muy alta (86).	
	CARCHARODON CARCHARIAS		Linnaeus, 1758
	TIBURÓN BRANCO (GAL); TIBURÓN BLANCO (ES); WHITE SHARK (IN)		
	IDENTIFICACIÓN	Cuerpo fusiforme y compacto; morro cónico, corto y grueso. Boca grande y redondeada, en forma de arco con dientes triangulares con los bordes aserrados. Dos aletas pectorales bien desarrolladas con mancha negra en su extremo inferior	
	BIOLOGÍA	Vivíparo aplacentario con oofagia, con camadas de hasta 14 fetos.	
	HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Plataforma continental, desde la superficie hasta los 1200 m (generalmente hasta los 250 m). Cosmopolita subtropical.	
	FRECUENCIA	Muy raro. Citado únicamente por Solorzano et al. (1988) en base a individuos descargados en la lonja de A Coruña (cita que necesita revisión).	
INTERÉS COMERCIAL	Relativo.		
REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	Barcelona Anexo II; Berna apéndice IIB; CMS Apéndice I y IID; CITES II; CITES IIC; Protegido en la UE; Malta y Croacia legislación nacional; protegido en UK, mar de Irlanda, Isla de Man y Guernsey. En peligro crítico en Europa (IUCN). Vulnerabilidad muy alta (86).		

ORDEN CARCHARHINIFORMES

Presencia de aleta anal, cinco pares de aberturas branquiales laterales, dos aletas dorsales sin espinas y ojos con membrana nictitante.

Familia Pentanchidae GÉNEROS APRISTURUS SP	IDENTIFICACIÓN	Grupo taxonómicamente complejo, con especies poco conocidas y similares entre sí. Cuerpo cilíndrico y alargado, terminado en un morro carnosos característico, aplanado dorsoventralmente, ancho y largo. Boca grande, arqueada, surcos labiales bien desarrollados.
	BIOLOGÍA	Poco conocida. Probablemente todos ovíparos.
	FRECUENCIA	Raros.
	INTERÉS COMERCIAL	Nulo
	REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	TAC conjunto con otras especies de tiburones de profundidad en la UE. Preocupación menor (IUCN). Vulnerabilidad alta (66) para <i>A. aphyodes</i> , y moderada para <i>A. melanoasper</i> (56) y <i>A. profundorum</i> (49).
	APRISTURUS APHYODES Nakaya & Stehmann, 1998	
	PEJEGATO FANTASMA BLANCO (ES); WHITE GHOST CATSHARK (IN).	
	IDENTIFICACIÓN	Surcos labiales superiores más largos que los inferiores. Válvula intestinal de 9-11 vueltas. Color gris claro.
	HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Batipelágico, con un rango de 1000-1800 m. Atlántico noreste.
	APRISTURUS MELANOASPER Iglésias, Nakaya & Stehmann, 2004	
	PEJEGATO NARIZÓN (ES); BLACK ROUGHSCALE CATSHARK (IN) (FIGURA 10).	
	IDENTIFICACIÓN	Morro carnosos. Pliegues labiales inferiores más largos que los superiores. Válvula espiral generalmente con 21-22 vueltas. Color marrón oscuro a negro.
	HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Demersal en el talud superior continental y montañas submarinas entre los 510-1683 m, si bien normalmente por debajo de los 1000 m. Distribución amplia pero localizada (aparentemente el <i>Apristurus</i> de más amplia distribución geográfica) en áreas del Atlántico N, Índico S, Pacífico SW. En Galicia, localizado en el banco de Galicia.
	APRISTURUS PROFUNDORUM Goode & Bean, 1896	
	PEJEGATO ABISAL (ES); DEEPWATER CATSHARK (IN)	
IDENTIFICACIÓN	Morro un tanto grueso con bandas dentarias parcialmente expandidas. Válvula espiral de unas 10 vueltas. Color parduzco uniforme.	
HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Especie demersal del talud superior desde los 1100 m hasta los 2088 m en ambas orillas del Atlántico N, con citas en la dorsal mesoatlántica.	



FIGURA 10: Pejegato narizón (es); Black roughscale catshark (in)

Familia Pentanchidae GÉNERO GALEUS SP	IDENTIFICACIÓN	Cuerpo alargado y esbelto con morro moderadamente alargado y redondeado en forma de cuña. Cavidad bucal con un característico color negro debido a la mucosa que lo recubre. Ojos grandes y ovalados, con una membrana nictitante rudimentaria. Aleta anal más grande que dorsales. <i>G. atlanticus</i> y <i>G. melastomus</i> presentan libreas con manchas, y <i>G. murinus</i> librea lisa. <i>G. melastomus</i> , 15-18 manchas oscuras sobre fondo gris terroso y <i>G. atlanticus</i> menos de 10. Concavidad de los pliegues orales oscura en <i>G. atlanticus</i> y clara en <i>G. melastomus</i> .	
	BIOLOGÍA	Ovíparos.	
	HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Bentónico-demersal en la plataforma exterior y talud superior, entre los 330-790 m (<i>G. atlanticus</i>), 55-2000 m, si bien más común entre 200-500 m (<i>G. melastomus</i>), y 380-1250 m (<i>G. murinus</i>); en el Atlántico nororiental y también en el Mediterráneo (excepto <i>G. murinus</i>).	
	GALEUS MELASTOMUS		Rafinesque, 1810
	ZAPATA, GAZAPA (GAL); BOCANEGRA, OLAYO (ES); BLACKMOUTH CATSHARK (IN) (FIGURA 11)		
	FRECUENCIA	Muy frecuente en el cantil de la plataforma.	
	INTERÉS COMERCIAL	Alto, se retira la piel y se seca.	
	CAPTURAS REPORTADAS	Año 2015, 33 325kg; 2016, 79 980kg; 2017, 45 751 kg.	
	REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	TAC conjunto con otras especies de tiburones de profundidad en la UE. Preocupación menor (IUCN). Vulnerabilidad moderada (57).	
	GALEUS ATLANTICUS		Vaillant, 1888
	OLAYO ATLÁNTICO (ES); ATLANTIC SAWTAIL CATSHARK (IN)		
	FRECUENCIA	Frecuentemente capturado entre los 400 y 700 m en campañas científicas. Probablemente esta especie fue identificada previamente como <i>G. melastomus</i> .	
	REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	Casi amenazado en Europa (IUCN). Vulnerabilidad moderada (54).	
	GALEUS MURINUS		Collet, 1904
	OLAYO DE ISLANDIA (ES); MOUSE CATSHARK (IN)		
FRECUENCIA	Relativamente raro. Citado en el banco de Galicia.		
REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	Preocupación menor (IUCN). Vulnerabilidad moderada (51).		



FIGURA 11: Zapata, gazapa (gal); Bocanegra, olayo (es); Blackmouth catshark (in)

Familia Scyliorhinidae

IDENTIFICACIÓN	Cuerpo alargado y cilíndrico con rostro corto y redondeado, y cabeza ancha y deprimida. Boca sin pliegues labiales superiores. Ojos grandes y ovalados, con membrana nictitante rudimentaria. Dorsales pequeñas en posición retrasada. Pectorales anchas y de forma trapezoidal; las pelvianas, largas y no muy altas. Aleta anal grande.
BIOLOGÍA	Especies ovíparas
SCYLIORHINUS CANICULA Linnaeus, 1758	
MELGACHO, PATARROXA (GAL); PINTARROJA (ES); LESSER SPOTTED DOGFISH (IN)	
IDENTIFICACIÓN	Cuerpo alargado y esbelto. Morro corto y redondeado. Amplias carenas suboculares. Espiráculos grandes. Solapas nasales largas y unidas entre si, llegando hasta la boca. Librea con manchas oscuras pequeñas y abundantes.
HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Abarca un gran rango de profundidades desde prácticamente la orilla hasta la plataforma y talud continental superior. Se encuentra en el Atlántico nororiental y Mediterráneo.
FRECUENCIA	El tiburón más frecuente de toda la costa gallega, tanto en las rías como en el talud. Aparece en arrastre y artes fijas.
INTERÉS COMERCIAL	Importante. La especie de tiburón más frecuente en las lonjas. Se observa comúnmente en inmersiones poco profundas.
CAPTURAS REPORTADAS	Año 2001, 119 787kg; 2002, 111 169kg; 2003, 40 617kg; 2004, 84 231kg; 2005, 104 355kg; 2006, 114 115kg; 2007, 108 800kg; 2008, 87 673kg; 2009, 141 720kg; 2010, 197 798kg; 2011, 328 142kg; 2012, 504 668kg; 2013, 500 168kg; 2014, 370 970kg; 2015, 361 507kg; 2016, 401 139kg; 2017, 441 262kg.
REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	Preocupación menor (IUCN). Vulnerabilidad alta (62).
SCYLIORHINUS STELLARIS Linnaeus, 1758	
ROXA (GAL); ALITÁN (ES); NURSEHOUND (IN) (FIGURA 12)	
IDENTIFICACIÓN	Cuerpo alargado y robusto de tacto muy áspero. Morro corto y apuntado. Solapas o faldones nasales aquillados, claramente separados, sin llegar hasta la boca. Librea con manchas oscuras de diferentes formas y tamaños.
HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Bentónico, plataforma continental. En fondos duros o rocosos, desde superficie hasta los 125 m. En el Mediterráneo y en el Atlántico nororiental.
FRECUENCIA	Mucho menos frecuente que su hermana la pintarroja.
INTERÉS COMERCIAL	Importante.
REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	Casi amenazado (IUCN). Vulnerabilidad alta (67).



FIGURA 12: Roxa (gal); Alitán (es); Nursehound (in)

Familia Pseudotriakidae	PSEUDOTRIAKIS MICRODON de Brito Capello, 1868	
	MUSOLÓN (ES); FALSE CATSHARK (IN)	
	IDENTIFICACIÓN	Cuerpo grueso, alargado y blando. Morro corto, cuneiforme visto de lado, y acampanado desde una perspectiva dorsoventral. Boca muy grande. Ojos alargados, con membrana nictitante. Espiráculos grandes. Primera dorsal baja y muy alargada. Aletas pectorales pequeñas y redondeadas. Caudal abatida.
	BIOLOGÍA	Especie vivípara aplacentaria, con un embrión por oviducto.
	HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Batidemersal, talud continental e insular preferentemente entre los 100-1900 m. Distribución mundial amplia aunque discontinua.
	FRECUENCIA	Algunos ejemplares capturados en el Banco de Galicia.
	INTERÉS COMERCIAL	Escaso.
	REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	Datos insuficientes en Europa (IUCN). Vulnerabilidad muy alta (86).



FIGURA 13: Cazón (gal); Cazón (es); Tope Shark (in)



FIGURA 14: Cazón branco, canexa (gal); Musola pinta (es); Starry smooth-hound (in)

Familia Carcharhinidae	PRIONACE GLAUCA Linnaeus, 1758	
	QUENLLA (GAL); TINTORERA, TIBURÓN AZUL (ES); BLUE SHARK (IN) (FIGURA 15)	
	IDENTIFICACIÓN	De cuerpo estilizado y alargado, con un hocico largo y cónico.
	BIOLOGÍA	Vivíparo placentario con amplias camadas de 4-135 crías, más frecuentemente de 15-30 crías, tras unos 9-12 meses de gestación.
	HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Mundial, pelágico y oceánico.
	FRECUENCIA	Común frente a las costas gallegas. Inusuales observaciones de ejemplares juveniles en aguas litorales de Galicia en los últimos años (Bañón et al 2016).
	INTERÉS COMERCIAL	Muy alto para palangreros de superficie o espaderos, por el tronco y en particular por el elevado precio de las aletas.
	CAPTURAS REPORTADAS	Año 2001, 2 512 282kg; 2002, 2 712 068kg; 2003, 1 712 845kg; 2004, 1 494 259kg; 2005, 1 586 329kg; 2006, 1 280 382kg; 2007, 1 786 680kg; 2008, 1 806 600kg; 2009, 2 583 018kg; 2010, 2 184 018kg; 2011, 2 191 684kg; 2012, 1 951 040kg; 2013, 2 417 745kg; 2014, 2 573 553kg; 2015, 2 254 280kg; 2016, 2 681 320kg; 2017, 1 889 525kg.
REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	Barcelona Anexo III; Berna Apéndice IIIB; UNCLOS Anexo I. Casi amenazado (IUCN). No sobreexplotado según ICCAT. Vulnerabilidad alta (77).	

Familia Sphyrnidae	SPHYRNA ZYGAENA Linnaeus, 1758	
	MARTELO (GAL); CORNUDA, CORNUDA CRUZ (ES); SMOOTH HAMMERHEAD (IN) (FIGURA 16)	
	IDENTIFICACIÓN	Borde anterior de la cabeza trilobulado con el extremo liso, sin muesca central; el borde posterior está inclinado hacia atrás. La primera dorsal alta y algo inclinada, con origen levemente más atrasado que la axila pectoral. Aletas pélvicas bajas y prácticamente rectas, no falcadas.
	BIOLOGÍA	Vivíparo placentario, cordón umbilical festoneado. Camadas de 20 a 50 crías.
	HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN	Pelágico de hábitos costeros y semioceánicos en aguas cálidas y templadas (afinidad por los montes submarinos). Se encuentra en la plataforma continental hasta los 200 m de profundidad. Mundial.
	FRECUENCIA	Poco frecuente.
	INTERÉS COMERCIAL	Elevado valor en cuanto a sus aletas.
	CAPTURAS REPORTADAS	Año 2004, 606kg; 2015, 750kg; 2006, 927kg; 2007, 342kg; 2008, 1093kg; 2009, 2844kg; 2010, 157kg.
REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN	UNCLOS Anexo I; Prohibida su captura en España (Orden ARM/2689/2009) y el resto de la UE (Regulación EU, 2018/120). Datos insuficientes en Europa (IUCN). Vulnerabilidad muy alta (85).	



FIGURA 15: Quenlla (gal); Tintorera, tiburón azul (es); Blue shark (in)



FIGURA 16: Martelo (gal); Cornuda, cornuda cruz (es); Smooth hammerhead (in)

CONCLUSIÓN

Galicia alberga en sus aguas una amplia diversidad de elasmobranquios. Se han registrado un total 45 especies de tiburones (Selachii), representando cerca del 8,5% del total descrito en todo el planeta, con una notable presencia de especies de aguas profundas. Ello responde a una tipología de hábitats igualmente amplia que es también la responsable de la biodiversidad observada en muchos otros grupos faunísticos. La costa atlántica europea tiene un fuerte gradiente de temperatura de norte a sur, lo que restringe la distribución de muchas especies y conduce a una subdivisión biogeográfica del Atlántico oriental en dos zonas: el Atlántico boreal y el Lusitano subtropical. Por su parte, Galicia se caracteriza por tener una plataforma relativamente estrecha cortada por una serie de cañones submarinos que descienden abruptamente hacia la llanura abisal de Vizcaya, por el norte, y la cuenca interior o canal de Valle-Inclán, por el oeste, en uno de cuyos extremos se encuentra una de nuestras zonas de mayor biodiversidad, el banco de Galicia. Toda esta diversidad viene a subrayar la importancia de Galicia para el grupo de los tiburones, así como la urgente necesidad de elaborar planes de gestión eficaces que garanticen su conservación. Pero para ello es fundamental contar con datos que los sustenten, como identificar y cuantificar correctamente las capturas pesqueras de especies de fondo, que en muchos casos suponen la única fuente de información de especies poco accesibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Bañón, R., Maño, T. & Mucientes, G. (2016). Observations of newborn blue sharks *Prionace glauca* in shallow inshore waters of the north-east Atlantic Ocean. *Journal of fish biology*, 89(4), 2167-2177.
- Bañón, R., Villegas-Ríos, D., Serrano, A., Mucientes, G. & Arronte, J. C. (2010). Marine fishes from Galicia (NW Spain): an updated checklist. *Zootaxa* 2667, 1-27.
- Cheung, W.W.L., T.J. Pitcher and D. Pauly (2005). A fuzzy logic expert system to estimate intrinsic extinction vulnerabilities of marine fishes to fishing. *Biol. Conserv.* 124:97-111.
- Ebert, D. A. & Stehmann, M. F. W. (2013). *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes: Sharks, Batoids and Chimaeras of the North Atlantic*. FAO, Roma.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2017. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, (10/2017)
- Guisande González, Castor, Pascual Alayón, Pedro J., et al. (2011). *Tiburones, rayas, quimeras, lampreas y mixínidos de la costa atlántica de la península ibérica y Canarias*. Ediciones Díaz de Santos, Madrid.
- IUCN 2017. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2017-3. <<http://www.iucnredlist.org>>. Downloaded on 05 December 2017.
- Lloris, Domingo (2015). *Ictiofauna marina. Manual de identificación de los peces marinos de la península ibérica y Baleares*. Omega, Barcelona.
- Quéro, J.-C., Porche, P. & Vayne, J.-J. (2003) *Guide des poissons de l'Atlantique Européen*, Delachaux & Niestlé Ed., 465 pp.
- Rodríguez Villanueva, X. L., Vázquez, X. (1992). *Peixes do mar de Galicia (I); Lampreas, raías e tiburóns*. Edicións Xerais, Vigo.
- Solórzano, M.R., Rodríguez, J.L., Iglesias, J., Pereiro, F.X. & Álvarez, F. (1988). *Inventario dos Peixes do Litoral Galego (Pisces: Cyclostomata, Chondrichthyes, Osteichthyes)*. *Cadernos da área de Ciencias Biolóxicas, (Inventarios)*. Seminario de Estudos Galegos, Vol IV. Ed. Do Castro, O Castro-Sada, A Coruña, 69 pp
- Weigmann, S. (2016). Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world with a focus on biogeographical diversity. *Journal of Fish Biology*, doi: 10.1111/jfb.12874.
- Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nielsen, J. & Tortonese, E. (1986). *Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean*. 3 vol. UNESCO, Paris, 1473 pp.

LA CUESTIÓN AGRARIA EN GALICIA HOY: LA REFORMA DE ESTRUCTURAS A TRAVÉS DE LA LEY

Franco García, José María

M.Sc., Ph.D. Univesidad de Wisconsin.

Prof Titular Jefe de Cátedra de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Políticas de la Universidad de Los Andes, Mérida.

Vocal del Consejo Social de la Universidad de Vigo

PROLEGÓMENOS

La mayoría de las leyes agrarias que se han promulgado desde la última República hasta la fecha, tanto a nivel nacional como regional, tienen como objetivo principal la transformación y mejora de las estructuras de tenencia y aprovechamiento de la tierra, los montes, las explotaciones agrarias; sustituir el sistema del latifundio - aún prevalente en centenares de explotaciones de montes en mano común, la mayoría inoperantes -, y el del minifundio, tan arraigado en Galicia como antiguo modelo de subsistencia, que quiere ser superado mediante la concentración parcelaria. A este binomio latifundio-minifundio y a la intervención de la Política Agraria Común (la PAC) dedicaremos nuestra exposición.

Y lo que implica una reforma, cómo se ha llevado a cabo parsimoniosamente en Galicia; cuáles son sus perspectivas de futuro a la vista de los objetivos de la Unión Europea en el sector agrario de incrementar la productividad agrícola; estabilizar los mercados; garantizar la seguridad de los aprovisionamientos; garantizar un nivel de vida equitativo a la población agrícola mediante el aumento de la renta individual de los que trabajan en la agricultura, y asegurar al consumidor suministros a precios razonables.

El sector agrario europeo está sometido a las reglas del Mercado Común. La Unión Europea es la entidad que legisla y regula el sector por encima del legislador nacional en el cumplimiento de los objetivos arriba mencionados, y se impone con ayudas y subvenciones económicas al respecto.

EL DESARROLLO

Para nosotros el término desarrollo tan usado en la literatura científica y académica moderna, tiene un triple significado en el contexto agrario. Lo sacamos de nuestros estudios en la Universidad de Wisconsin de finales del pasado siglo, que no tiene nada que incluir de lo que supone actualmente salvo la adecuación a la defensa del medio ambiente. En él se incluye: 1) el significado de “crecimiento económico” (aumento real de ingreso “per cápita”); 2) “progreso social” (creciente participación del pueblo en las múltiples actividades de la vida de la nación), y 3) “estabilidad política” (cambio en orden al progreso social y al bienestar económico. Por ello aceptamos la antigua posición del profesor John F. Timmons, profesor de Economics de la Universidad Estatal de Iowa, y respetamos la versión de otro ilustre profesor, de la Universidad de Chicago, Theodore W. Schultz en el sentido de que el crecimiento económico es “un tipo particular de equilibrio dinámico mediante el cual la economía absorbe diferentes grupos de recursos productivos”.

Examinemos lo anterior en su aplicación a una economía como la gallega, donde el sector agrario (no en el naval, ni el de la automoción tan prósperos), a pesar de que la legislación patria y la intervención de la Unión Europea no han logrado hasta la fecha despejar las incógnitas de presente y futuro de nuestra economía agraria, a lo que llamamos la cuestión agraria real. Veamos su trayectoria en los últimos ochenta años sin acudir a estudios exhaustivos, como prácticamente

ya existen sobre la Ley de Reforma Agraria de 1932, última de las muchas reformas agrarias producidas en Europa con posterioridad a la Primera Guerra Mundial.

La legislación agraria posterior a la Guerra Civil de 1936-39

Indicamos la siguiente:

- Ley sobre Colonización de Grandes Zonas de 26/12/1939, completada con la de 27/04/1946 sobre Colonizaciones de Interés Local (que contribuyeron a la creación de 300 pueblos nuevos y a asentar a unas 300.000 familias en todo el territorio nacional).
- Ley de 1940 de Intensificación de Cultivos.
- Ley de Cooperativas de 1942, derogada por otra de 16/07/1999, complementada con legislación propia de las Comunidades Autónomas; en Galicia es la Ley 5/1998 de 18/12/1998.
- Ley de Colonización y Distribución de la Propiedad de las Zonas Regables de 1949.
- Ley de Concentración Parcelaria de 1952, con texto refundido en 1969, subsumida en el Título VI (arts. 171 a 240) de la Ley de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA) aprobada por Decreto 118/1973 de 12 de enero. (En Galicia es la Ley 10/1985, de 14 de agosto)-
- Ley 15/07/1954 sobre unidades mínimas de cultivo.
- Ley de Montes de 1957 derogada por la Ley 3/2003, de 21 de noviembre, y la Ley 3/2007 de 9 de abril de prevención y defensa contra los incendios forestales de Galicia.
- Ley de Crédito Agrícola de 1962
- Ley de Explotaciones Agrarias Familiares de 1962.
- Ley de Protección y Fomento de la Industria agraria de 1963.
- Ley de 27/07/1968 de Ordenación Rural (que se integraría también en la Ley de Reforma y Desarrollo Agrario de 1973).
- Estatuto de la Viña, el Vino y los Alcoholes de 1970 (hoy del Vino y de la Viña de 2003).
- Ley del Régimen Especial Agrario de la Seguridad Social de 1971 y la Ley General de la Seguridad Social aprobada por el R.D. Legislativo 8/2015, de 30 de octubre texto refundido.
- Ley de Comarcas y Fincas Mejorables de 1971 (en parte consideradas en la Ley de Reforma y Desarrollo Agrario de 1973).
- Ley de Protección del Ambiente Atmosférico de 1972.

- Ley de la Explotación Familiar Agraria de los Jóvenes Agricultores de 1981.
- Ley de Arrendamientos Rústicos de 1980 (hoy es la de 2003).
- Ley de Aguas de 1985 (reformada en 2015). Ley 9/2010, de 4 de noviembre, de Aguas de Galicia.
- Ley de Sanidad Vegetal de 2002.
- Ley de Modernización de las Explotaciones Agrarias de 1995 (posterior a la incorporación de España a la Unión Europea, que conlleva su sumisión a la Política Agraria Común - la PAC -, sumisión que implica dar un giro muy importante a cualquier postulado o política de modernización agraria en los 28 países que pertenecen a la Unión).

Como vemos ni han faltado leyes, pero lo que sí han faltado son estudios sobre la aplicación de gran parte de estas leyes, con seriedad y rigor como los que se venían haciendo por los miembros de la Asociación Española de Derecho Agrario, presidida por el fallecido madrileño Alberto Ballarín Marcial, y dirigida por Juan José Sanz Jarque desde su cátedra de Derecho Agrario de la Universidad Politécnica de Madrid, a través de la Revista de Derecho Agrario y Alimentario, que después de muy notables publicaciones a través de más de treinta años y de numerosos congresos nacionales no han seguido adelante, al fallecer el primero y jubilarse el segundo.

Algunos de estos estudios se publicaron en las Actas del V Congreso Nacional de Derecho Agrario, organizado y desarrollado en 1995 en el seno de la Universidad de Vigo. Lamentablemente, al no existir ninguna cátedra de Derecho Agrario en las tres universidades de Galicia, la investigación y publicaciones sobre estos temas en Galicia apenas existen, siendo tan importantes para una región eminentemente agraria, que pierde población y actividad económica de progreso en la Agricultura, no así en los sectores de la automoción y naval.

EL LATIFUNDIO

Nos lleva a considerar especialmente la Ley 13/1989 de Montes Vecinales en Mano Común donde, en un extenso y muy documentado trabajo de Juan Jesús Raposo Arceo, profesor de la Escuela Gallega de Administración Pública, y después Profesor Titular de Derecho Civil de la Universidad de A Coruña, publicó en la Revista Jurídica Foro Gallego (VII Época, nº 188, 1995), el origen, evolución histórica, concepto y clases, en un análisis detenido y casi exhaustivo, con toda la problemática que ella acarrea para aquellas fechas.

Estos montes vecinales, regulados por una legislación especial, que ocupan desde fecha inmemorial más de la tercera parte de la superficie de Galicia (645.390 has. de un total productivo de 2.678.600 has, o sea el 41,51 % del territorio regional). Y tienen más de 300 has por explotación o presunta unidad productiva: el 13,3 % en A Coruña; 30,7% en Lugo, 58,3 % en Ourense y 35,3 % en Pontevedra.

Desde otro punto de vista, considerando que en Galicia, según el inventario de montes vecinales elaborado hace algunos años, había 2.701 montes vecinales, la superficie media era de 239 has.

Con posterioridad a aquella se ha promulgado la Ley 7/2012 de Montes de Galicia donde se dice que la superficie arbolada de nuestra Comunidad asciende a 1.400.000 has, o el 48 % del territorio gallego. En ésta se mantiene la Ley de Montes Vecinales (con muy breves retoques) y se distingue entre montes públicos, montes privados - como los montes vecinales - y montes protectores, reiterando que los vecinales son de naturaleza germánica y que "pertenecen colectivamente, y sin atribución de cuotas, a las respectivas comunidades vecinales titulares, estando sujetos a las limitaciones de indivisibilidad, inalienabilidad, imprescriptibilidad e inembargabilidad". También desarrolla esta ley, ampliamente, y modifica, la Ley 3/2007, de 9 de abril, de protección y defensa contra los incendios forestales - la lacra inacabable de todos los años -, que se reproduce a una media anual de 13.126 incendios, con una media de 100.975 has. quemadas entre los años 2.006 y 20.015, según datos estadísticos.

Nos encontramos, pues, que no sólo el problema histórico de Galicia es el minifundismo, tan conocido y denigrado desde el punto de vista económico por la baja productividad, sino que el otro más serio, el latifundismo, no ha tenido tan mala prensa sociológicamente hablando, hasta que la plaga anual de los incendios forestales, por miles, asolan anualmente a Galicia, sin encontrar solución al mismo, pues si bien la última ley a que hacemos referencia muestra muy buenas intenciones, no parece ser muy acatada por el paisanaje.

Tanto es así, que otro serio estudioso de este caso como lo es Juan Luis Castro Somoza ya apuntaba hace más de veinte años que "a problemática da agricultura galega é a problemática dos montes galegos e a problemática dos montes galegos é a problemática dos montes veciñais en man común". Proponía entonces una serie de medidas y recomendaciones que, al parecer han sido obviadas y desatendidas, no por no conocidas, sino por la desidia propia del colectivo nacional.

¿Medidas? Entre otras, adelanta el mismo Castro Somoza, para conseguir atraer técnicas y capitales que no pueden salir

de las comunidades vecinales, una figura jurídica de mucho utilización en el derecho agrario italiano, que es "el consorcio", medio en virtud del cual una pluralidad de sujetos forman una unidad para la n, con apoyo de la mutua colaboración, de un fin de utilidad general. Es una figura ya contemplada en la Ley de Reforma y Desarrollo Agrario de 1973 en la "consorcios forestales".

Son medidas necesarias "que sirvan de estímulo para futuros estudios serios e imaginativos que desvelen todas las posibilidades futuras de esta antiguo forma de propiedad colectiva" (5).

Con la revisión del Plan Forestal de Galicia se proponen 107 recomendaciones para salir del atasco de la estructura minifundista de la propiedad rural gallega, donde un porcentaje importante del territorio rural pertenece a titulares catastrales que no se localizan y tienen las fincas abandonadas. Con esto pasamos a considerar brevemente la concentración parcelaria

LA REESTRUCTURACIÓN PARCELARIA COMO SUPERACIÓN DEL MINIFUNDISMO Y DEL ABANDONO DE TIERRAS

Este tema, tan crucial para la superación de la mala estructura agraria de Galicia, ya tuvimos ocasión exponerlo hace años con motivo de la asistencia al Seminario Internacional sobre "30 Años do Estatuto da Terra", celebrado en Recife (Pernambuco) en 1994, como ponente del trabajo titulado "Reorganización Fundiaria. La experiencia de Galicia", fue publicado en la Revista de Derecho Agrario y Alimentario (Madrid, 1995, 27:42-68) y en la Revista Derecho y Reforma Agraria (Mérida, 1995, 26:217-241).

Decíamos entonces que "para fines de 1982 el IRYDA había intervenido en 3.837 zonas afectando a 1,1 millón de propietarios, concentrando 15,6 millones de parcelas en una extensión de 5,3 millones de has. - el 10 % del territorio nacional - para formar 2 millones de nuevas parcelas. Mientras la superficie media de las parcelas antes de la concentración era de 0,34 has, luego aumentó a 2,58 has. Antes de la concentración cada propietario afectado administraba como promedio 14,52 parcelas, mientras que sólo 1,92 parcelas después de la concentración. El tamaño medio de las propiedades agrícolas transformadas era sólo de 4,98 has, por lo que podemos decir que esta medida todavía situaba al agricultor en la categoría de minifundista".

Según el Censo Agrario de 1982 existían 361.680 explotaciones agrarias en Galicia. La superficie media de estas explotaciones era de 6,22 has.. El número de parcelas era de 5,45 millones

Esta excesiva y extraordinaria fragmentación era debida a las sucesivas parcelaciones realizadas a favor de los herederos de familias en una Galicia superpoblada y con escasez de tierras, lo cual hoy ha revertido significativamente, la población no crece y las familias tienen una media inferior a la de dos herederos.

No tenemos datos actualizados, que nos permitirían hacer un diagnóstico más realista. Pero al 31 de diciembre 1993 había 810 zonas donde se había terminado el proceso de concentración parcelaria, abarcando 302.347 has., de 290.147 propietarios, 3.055.287 parcelas, 535.485 fincas. “La parcelaria solo agrupó el 54% de la superficie agraria en seis décadas. La Xunta pretende culminar en cuatro años 137 procesos que afectan a casi 120.000 hectáreas” (Faro de Vigo, de 23/03/2016).

Muy recientemente se ha promulgado la Ley 4/2015, de 17 de junio, de Mejora de la Estructura Territorial Agraria de Galicia, cuya Exposición de motivos manifiesta que responde a modelos de desarrollo rural vigentes en Europa, por cuanto las funciones productivas de la tierra han de convivir en armonía con la defensa del entorno, el paisaje y el patrimonio, una mejora de la calidad de vida de la población, mitigación de los efectos del cambio climático, una alimentación sana y la fijación de la población en el territorio rural.

Pretende superar la Ley 10/1985, de 14 de agosto, de Concentración parcelaria y la Ley 12/2001, de 10 de septiembre, que la modificaba parcialmente. Igualmente se vale de la Ley 6/2011, de 13 de octubre y de la Ley 7/2012, de 28 de junio, de Montes de Galicia. Se intenta superar a fragmentación de la propiedad a que hemos hecho referencia, y reducir el abandono de tierras haciendo uso del creado Banco de Tierras, y como novedades más destacables:

1. se usa el concepto de reestructuración parcelaria con el objetivo de mejora de la estructura territorial, en vez del de concentración parcelaria o agrupación de fincas;
2. se simplifica el procedimiento, entrega y tramitación de la documentación;
3. se hace una clara apuesta por el apoyo a las explotaciones y agrupaciones agrarias y sus inversiones;
4. se introduce la figura del Plan de ordenación de fincas de especial carácter agrario, con auténtica ordenación de usos agrarios;
5. se introducen nuevas formas de participación de los afectados por la reestructuración, vinculada a una junta local de zona y al grupo auxiliar de trabajo;

6. se fomenta la coordinación de las actuaciones públicas con la creación de un comité técnico asesor de la reestructuración parcelaria;
7. se preocupa de la mitigación de los efectos del cambio climático y la protección del entorno;
8. se hace especial hincapié en la movilización de las tierras agrarias en estado de abandono;
9. se dictan disposiciones de naturaleza fiscal para reducir o suprimir la tributación mortis causa o inter vivos en adquisiciones o transmisiones de tierras;
10. deroga la Ley 11/1983, de 29 de diciembre, de actuación intensiva en las parroquias rurales, integrando su articulado en esta nueva ley.

LA POLÍTICA AGRARIA COMÚN (LA PAC)

Mas arriba hemos indicado los objetivos de política en el sector agrario, cuyo desarrollo ha originado intensos y extraordinarios estudios de civilistas y administrativistas académicos nacionales y extranjeros.

Con la instauración de las Organizaciones Comunes de Mercados, la Comisión Europea convocó en 1958 una Conferencia agrícola de los Estados miembros para determinar una serie de orientaciones básicas de la futura PAC que se celebró en Stressa (Italia), de la que salieron un conjunto de principios y objetivos más detallados que los recogidos en el Tratado de Roma que fundó la Unión. La agricultura es elemento capital de la vida económica y social, lo que pone de manifiesto la necesaria correlación entre la política de mercados y la mejora de las estructuras agrarias, con incremento de la productividad y política de precios para elevar el nivel de vida de los agricultores, siguiéndose posteriormente el denominado Plan Mansholt, Agricultura 1980.

Se inició entonces una nueva etapa de la PAC decantándose por la configuración de la Organización Común de Mercados por productos hacia los que van dirigidas las subvenciones y ayudas, detalladamente informadas para ser solicitadas y obtenidas, por lo que podemos observar cuatro etapas de la PAC:

Primera etapa, desde su origen hasta 1980, caracterizada por asegurar un suministro estable y suficiente de alimentos a precios asequibles, fomentando la mejora de la productividad agrícola con subvenciones para favorecer el crecimiento de las explotaciones y aumentar la formación de los agricultores (jubilaciones anticipadas, ayudas a fondo perdido a las

regiones más desfavorecidas. Su coste alcanzó el 50 % del presupuesto de la UE.

La segunda etapa, a partir de los años 80, se caracterizó por poner límites a la producción para reducir los excedentes, haciendo hincapié por primera vez una agricultura con respeto al medio ambiente y prestar más atención al mercado, respondiendo a las nuevas prioridades del público (informe Mac Sherry de 1982).

La tercera etapa a partir de 1999, denominada Agenda 2000-2006, cambio de orientación. Se continúa fomentando la competitividad y se añade una política de desarrollo rural, fomentando iniciativas para reestructurar las explotaciones, diversificar la producción, mejorar la comercialización, reforzar la orientación medioambiental de las ayudas e iniciar negociaciones con nuevos cinco países (Hungría, Polonia, Estonia, Chequia y Eslovaquia).

La cuarta etapa, con la reforma de 2003, incluye conceptos novedosos como la disociación y la condicionalidad, que supone la primera ruptura de la relación entre ayudas y producción, obligando a los productores a orientarse por las reglas del mercado, y que hay que respetar las normas medioambientales, de seguridad vegetal y de bienestar de los animales. Los pagos se desvinculan de la producción -desacoplamiento- a partir de 2005, con régimen de pago único.

Otro punto importante es el pilar medioambiental, posterior al estructural productivo, que se apoya en códigos de buenas prácticas de cultivos anticontaminantes frente al cambio climático, los incendios forestales, los desbordamientos de los ríos, la liberación de tierras de entidades públicas...

Ya propiciaba el profesor emérito, ex-rector de la Universidad de Ávila, Juan José Sanz Jarque en 2006, la creación de Sociedades Agrarias de Reforma (SAR) en su admisión a la Academia Aragonesa de Jurisprudencia y Legislación. Mediante la creación de estas sociedades de signo cooperativo y los estímulos de las autoridades públicas, se contribuiría a combatir el minifundio y la dispersión parcelaria, se fomentaría el asentamiento de la población rural y se combatiría la desertización de grandes espacios rurales.

Por último, es de tener en cuenta la agrobiotecnología, otra constante para ayudar a resolver el problema de la alimentación, a la que presta especial atención la FAO, cuyo tema merece especial atención adicional.

El papel que realiza el Programa Nacional de Desarrollo rural 2014-2020/FEADER - que debe ser mejor conocido - lleva a ejecutar medidas de forma compartida entre el Estado y las Comunidades Autónomas, que consisten en:

- Ayudas de acciones y actividades de formación profesional,
- Acciones conjuntas sobre cambio climático y medidas medio-ambientales,
- Ayudas para la cooperación sobre el aprovechamiento de la biomasa destinada al uso de alimentos.

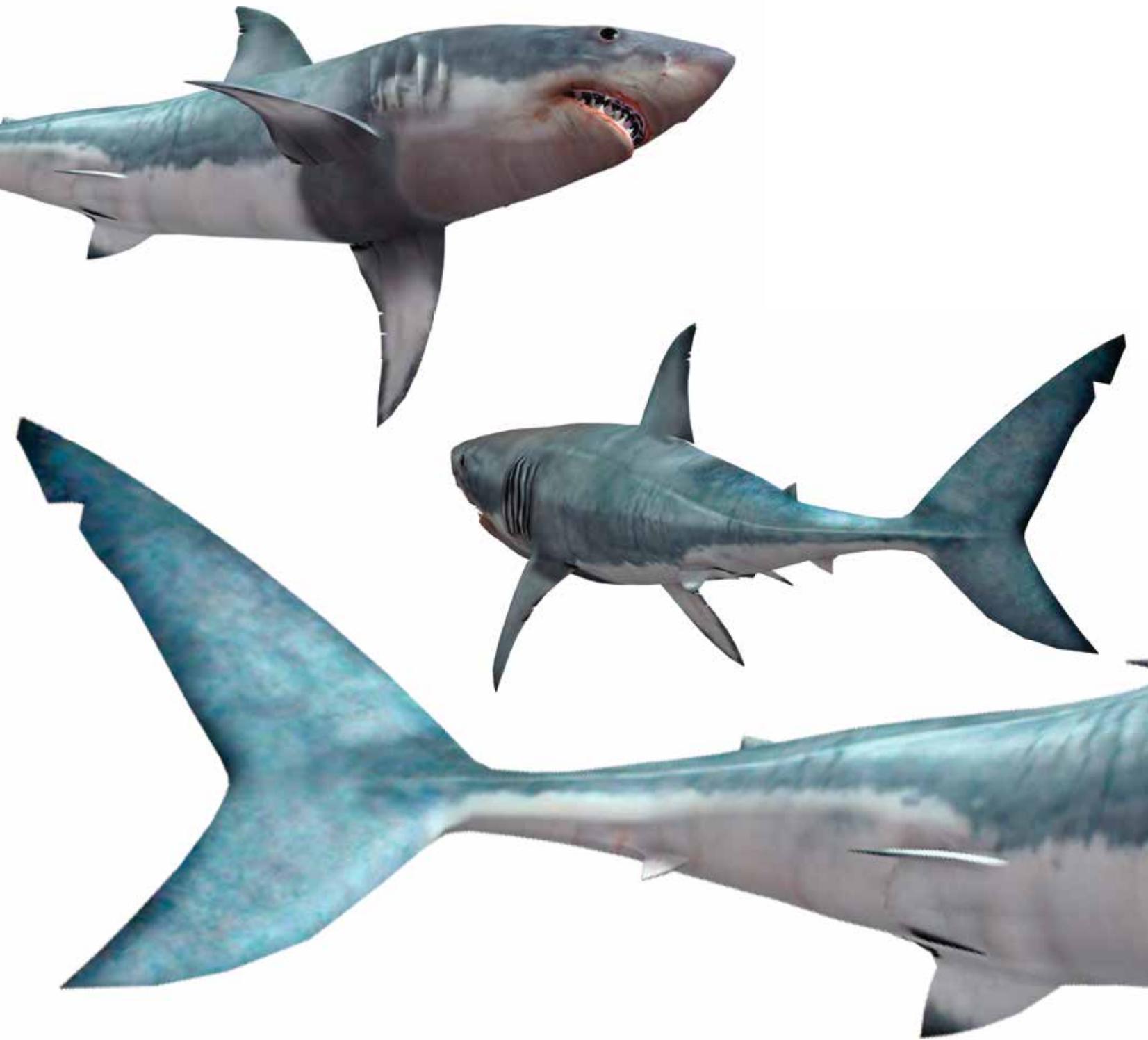
El Gobierno español promulgó la Ley 13/2013 y una serie de Reales Decretos de desarrollo entre los años 2014 y 2016, seguidos de resoluciones administrativas que establecen las Bases de las convocatorias para poder acceder a toda clase de ayudas, estableciendo plazos, cuantías, documentación a aportar, siguiendo la normativa comunitaria, en aplicación de los Reglamentos del Parlamento y de la Comisión.

COROLARIO

Todo lo anterior nos lleva a considerar que la Consellería de Medio Rural precisa visibilizar la aplicación de la PAC en Galicia y el resultado de los miles de millones de euros destinados a las subvenciones y ayudas para el cumplimiento de los objetivos de la Política Agraria Común indicados más arriba.

BREVES RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amat Llobart, Pablo y Llobart Bosch, Desamparados, " El sistema de ayudas agrarias y el pago único por explotación tras la reforma de la PAC de 2003. Análisis jurídico y consecuencias sociales de su aplicación en España", en Revista de Derecho Agrario y Alimentario, Segunda Época, Año XXI, 2005, nos 45-47: 9-66,
2. Amat Llobart, Pablo, "Desarrollo del Derecho Agrario del Siglo XXI en el marco de la Unión Europea y valoración de las tendencias jurisprudenciales y de política legislativa", en Revista de Derecho Agrario y Alimentario, Segunda Época, Año XXIV, 2008, nº 53:9-36.
3. Ballarín Marcial, Alberto, Derecho Agrario, Madrid, Editorial Revista de Derecho Privado, 1965
4. Estudios de Derecho Agrario y Política Agraria, Madrid, 1975
5. Modernización jurídica de la Agricultura y del Desarrollo Rural, Zaragoza, Academia Aragonesa de Jurisprudencia y Legislación, 2000
6. Bello Janeiro, Domingo, dir., Manual de Derecho Gallego, Santiago, Escola Galega de Administración Pública, Xunta de Galicia, 1996,
7. Caballero Lozano, José M^º, "Cuestiones jurídico-privadas que suscitan las ayudas de la Unión Europea a la Agricultura", en La Ley, Revista Jurídica Española de Doctrina jurisprudencial y Bibliografía, Año XXI, nº 5209, Las Rozas (Madrid), 2000
8. De Barros Afonso, coord., A Agricultura Latifundiaria na Península Ibérica, Oeiras, Fundação Calouste Gulbenkian, 1980
9. Fernández Torres, Juan Ramón, La Política Agraria Común, Régimen Jurídico de la Agricultura Europea y Española, Editorial Aranzadi, monografía, Elcano (Navarra), 2000 (con mas de 400 entradas bibliográficas)
10. Franco García, José María, "La empresa agraria del sector reformado y la nueva organización jurídica de la agricultura", en Memoria de la Reunión Iberoamericana de Especialistas en Derecho Agrario, Mérida, Universidad de Los Andes, 1974, y en la Revista de Estudios Agro-Sociales, Madrid, 1974, 89: 101-121.
11. "Derecho Agrario y Propiedad Forestal en Galicia", en Revista Jurídica General FORO GALLEGO, Año 1993, Época VII, nº186: 8-16
12. "Arrendamientos rústicos en Galicia Siglo XXI", en Xornadas da Escola Galega de Administración Pública, Xunta de Galicia, 1995
13. Reorganización Fundiaria: la Experiencia de Galicia" en Revista Derecho y Reforma Agraria Mérida, 1995, nº 26: 217-241
14. ,coord., Actas del V Congreso Nacional de Derecho Agrario, celebrado en la Universidad de Vigo en 1995, Xunta de Galicia, 1997
15. Le Plan Mansholt, Mémoire sur la Réforme de l'Agriculture dans la Communauté Économique Européenne, Bruxelles, 1980
16. Sanz Jarque, Juan José, Derecho Agrario, Madrid, Fundación Juan March, 1975
17. Sociedades Agrarias de Reforma: SAR, Discurso de Ingreso en la Academia Aragonesa de Jurisprudencia y Legislación, Zaragoza 2006.



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE ECONOMÍA,
EMPREGO E INDUSTRIA



INSTITUTO CULTURA CIENCIA Y TECNOLOGIA