



**CONFERENCIA IMPARTIDA DURANTE LA REUNIÓN NACIONAL DE
ACADEMIAS DE CIENCIAS VETERINARIAS, CELEBRADA EN OCTUBRE
DE 2022 EN GALICIA**

TITULO

**LA PROFESIÓN VETERINARIA: LA ACUICULTURA, EL MAR Y LA
BIOTECNOLOGÍA MARINA**

CONFERENCIANTE

EMILIO MARIA DOLORES PEDREO

Académico de la ACVRM



La profesión veterinaria: la acuicultura, el mar y la biotecnología marina

Excmo. Sr. Presidente, de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de España

Excmo. Sres. presidentes/as, de las Academia de Ciencias Veterinarias

Ilmos. Sres./Sras. Académicos/as,

Excmas. e Ilmas. Autoridades, Señoras y señores

Compañeros/as, amigos/as

Debo comenzar mi intervención dando las gracias a la Real Academia y a las Academias de Ciencias Veterinarias de España, y de forma particular al Excmo. Doctor D. Arturo Anadón y al Excmo. Dr. D. Antonio Crespo, por la oportunidad y el honor que me han dispensado; permitiéndome compartir esta “VI Conferencia de La Real Academia y Academias de Ciencias Veterinarias de España”, un enriquecedor espacio de conocimiento científico, donde grandes profesionales de la veterinaria, prestigian cada día a nuestra profesión con sus conocimientos, su vocación investigadora, y promueven una sociedad con más seguridad alimentaria, en la doble acepción del término, y donde el bienestar y la salud de todos nuestros animales es uno de los estandartes de los veterinarios.

El título elegido para mi conferencia: “La profesión veterinaria, el mar y la biotecnología marina” pretende trasladar nuestra profesión a un área de trabajo interdisciplinar como es la producción animal marina, la ictiopatología, la biotecnología marina, campos del



conocimiento que compartimos con otras profesiones, y donde, la veterinaria, pueden aportar gracias a su formación curricular, conocimientos esenciales que permitan un desarrollo de estos campos ligados de forma inseparable al mar. Abundaremos más adelante en este tipo de formación académica.

Todos sabemos que la parte emergida de nuestro planeta no alcanza 1/3 de la superficie de la tierra mientras los mares y océanos son 2/3 del total, nos movemos en un escenario de cambio climático donde es del todo probable que aumente el nivel del mar con los temidos efectos que tendrá sobre la costa, con un clima cada día más seco en muchas áreas del planeta. España será una de ellas.

La población mundial presenta una tendencia creciente a vivir cerca de la costa por muchas razones, entre las que destacaría la bondad del clima y un mayor acceso a recursos hídricos Hoy 3.100 millones de los 7.500 millones de habitantes del planeta, viven a menos de 100 km de la costa, y los escenarios apuntan a que en los países ribereños el 80% de su población viva a menos de 100 km de la costa en menos de 30 años.

Debemos estar preparados para este nuevo escenario, y debemos hacerlo a todos los niveles, infraestructuras urbanas, abastecimiento de agua, y poniendo nuestras miradas en el mar como fuente de recurso para la producción de alimentos, como suministrador de energías, como espacio de vida dentro del desarrollo costero y como proveedor de nuevos productos relacionados con la biotecnología marina

La Unión Europea no es ajena a este escenario y hace unos años que lanzó una nueva política común, la política marítima integrada, que es un marco político y de gobernanza a semejanza con la política común agraria o la política común de pesca.



Esta PMI se sustenta sobre una serie de pilares como son el crecimiento azul, la vigilancia marítima integrada, la recopilación y análisis de datos y la gobernanza de los mares y océanos, pilares en los que la Veterinaria tiene que estar como profesión universal dentro del concepto “*one health*”.

La “Estrategia de la granja a la mesa” una de las iniciativas clave en el marco del “**Pacto Verde Europeo**”, pretende contribuir al logro de la neutralidad climática de aquí a 2050, y facilitar un sistema alimentario que sea sostenible basado en garantizar suficientes alimentos, asequibles y nutritivos sin superar los límites del planeta; con menos plaguicidas, fertilizantes y antimicrobianos, más agricultura ecológica, y menor desperdicio de alimentos; mejorando siempre el bienestar de los animales. Muchos de estos objetivos se desarrollarán sin duda en el medio marino, y contribuirán al bienestar de la humanidad.

Pero volvamos a la Política Marítima Integrada para conocer un poco más sus pilares, sus iniciativas, en definitiva su futuro más cercano.

Crecimiento Azul

El mar genera riqueza y empleo. La economía azul abarca todas las industrias y los sectores relacionados con el mar y la costa, tanto los basados en el medio marino como los basados en el borde litoral.

Es un segmento de la economía mundial y europea en rápida evolución que en la última década está adoptando medidas importantes para modernizarse y diversificarse. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas reconoce que, sin unos océanos saludables la vida en este planeta corre peligro; sin los recursos oceánicos, las sociedades humanas de todo el mundo



pierden la capacidad de sustentarse a sí mismas. Los océanos y los mares son cruciales para el bienestar económico nacional y mundial, es por ello, que Naciones Unidas lanzó el Objetivo de Desarrollo Sostenible 14, “Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible”.

La Comisión Europea impulsa la «economía azul sostenible» y reconoce el potencial del sector marítimo para contribuir a la transformación de la economía europea, mejorando su competitividad y sobre todo la eficiencia en el uso de los recursos, contribuyendo en la eliminación gradual de las emisiones netas de gases de efecto invernadero y protegiendo el capital natural de la UE, una economía con una facturación global superior a los 750.000 millones de euros en 2018 indicado el buen estado de salud que tienen los sectores asociados al Crecimiento Azul.

“Si la economía azul global fuese comparable a una economía nacional, sería la séptima más importante del mundo, y el océano como entidad económica sería miembro del G7” (*Comisión Europea, Bruselas, 17 de mayo de 2021*).

Son 5 millones de europeos los que cada día trabajan en actividades integradas en el concepto de Economía Azul, lo que representa un incremento cercano al 11.6% si lo comparamos con 2017. La Unión Europea es líder en tecnología energética oceánica y se espera que para el año 2050 el 35% de la energía eléctrica provenga de plantas en mar abierto. El mar forma parte de la lucha contra el cambio climático.

La Comisión Europea seguirá apoyando la PMI mediante el instrumento financiero del Fondo Europeo Marítimo y Pesquero, próximamente FEMPA.



Pero permítanme que nos centremos en la acuicultura como sector de la producción animal.

Acuicultura. Un Poco de Historia.

Esta producción animal y vegetal es esencial para alimentar a la creciente población mundial, y debe de hacerlo basándose en un sistema soportado en el eco-desarrollo, la investigación científica y en la innovación empresarial.

Nunca en el pasado la humanidad ha consumido tantos productos acuáticos como en el presente, ni tampoco jamás ha dependido tanto de estos alimentos para alcanzar elevadas cotas de bienestar, gracias a que el pescado es extraordinariamente nutritivo, por ser fuente de proteínas con abundantes aminoácidos esenciales.

España cuenta con casi 8.000 Km de costa con una orografía y un clima muy diversos que proporcionan las características oceanográficas y climáticas necesarias para el desarrollo de la acuicultura marina, y con numerosos recursos fluviales, lagos y embalses, con condiciones idóneas para el desarrollo de la acuicultura continental

La curiosidad y porque no el hambre llevó a los humanos a desarrollar los cultivos acuáticos tanto continentales como marinos. La acuicultura tiene una historia que arranca hace 4.000 años. En Egipto, en los bajorrelieves de los monumentos funerarios, en China con el tratado de Fun-Li sobre acuicultura en el año 475 a C.

En nuestro país, fue en Galicia donde en 1.129 el Obispo Gelmírez construye el primer tanque para la producción de peces



continentales, pero no fue hasta 1.961, cuando empieza la producción industrial de trucha.

En la década de los ochenta la acuicultura española era un sector centrado en pequeñas empresas de economías familiares muy tradicionales, cultivos basados en la trucha arcoíris, mejillón y en la acuicultura de peces marinos en los esteros gaditanos, muy lenta en sus inicios hasta que se cerró el ciclo productivo de la dorada, que por cierto fue un veterinario, Don Aurelio Ortega quien lo logró.

Con la llegada de los años noventa, y la incorporación de nuevas tecnologías, se añaden nuevas especies como el rodaballo, lubina, y se suman otras como corvina, atún rojo y seriola.

Acuicultura. Hoy

La producción acuática mundial ha crecido de forma continua durante las últimas cinco décadas a un ritmo del 2,4% anual, superando el ritmo de crecimiento de la población mundial que es del 1,6%.

El consumo per cápita de productos acuáticos ha pasado de 9,0 Kg. en 1.961 a 20,5 kg en 2.018, ningún consumo proteico ha crecido tanto. En el año 2.019 la acuicultura ha puesto en el mundo 120,1 millones de toneladas de productos acuáticos, frente a las 93,6 de la pesca, la acuicultura ya provee más alimento que la pesca. La FAO estima que antes del año 2.030 más del 65% de los alimentos acuáticos procederán de la acuicultura, incluyendo la producción de algas que ya en el año 2.019 nos ha aportado más de 34,7 millones de toneladas.



Unión Europea. Producciones

En 2019, la producción acuícola de la UE (incluido el Reino Unido antes del Brexit) alcanzó un total de 1,37 millones de toneladas con un valor de 4.990 millones de euros. Por países España, con 308.033 tn en 2.019, es el mayor productor, seguido de Francia e Italia, y ocupa el segundo puesto en volumen de facturación con 569,7 millones de euros, detrás de Francia.

Nuestro país, España, contribuyó en un 14,4 % a la producción total en peces de la UE (27) y a un 20 % del valor total, y ocupa la posición 21 en producción mundial, y la posición 30 en valor productivo.

Acuicultura. Empleo

La acuicultura en el mundo dio empleo en 2018 a 20,53 millones de un 34,5% del total empleado en el sector primario.

En la UE son cerca de 80.000 los empleos directos que genera la acuicultura, en España 15.134 personas, con cifras de empleo indirecto que alcanzan los 37.834 empleos.

A pesar de la demanda de titulados superiores para ocupar cargos de diferentes puestos en las empresas acuícolas, no existe en España titulación universitaria en Acuicultura. Habitualmente han sido licenciados en Biología, Ciencias del Mar, Veterinaria o Ingeniería los que, tras cursar asignaturas específicas de acuicultura o estudios generales de zoología o de producción animal, han adquirido los



conocimientos necesarios para ocupar estos puestos. Sobre este asunto, crucial para nuestra profesión, volveremos más tarde.

Acuicultura. Bases del éxito

El potencial de crecimiento de la acuicultura en la UE es elevado, si bien los ritmos de crecimiento están alejados de la media mundial, y lejos de los índices de crecimiento que tiene en los países asiáticos.

El éxito de la acuicultura moderna se basa en la adecuada gestión de la biología de las especies cultivadas, en la introducción de innovaciones tecnológicas, en el desarrollo de alimentos específicos y en la organización empresarial, campos donde nuestra profesión veterinaria debería tener más base curricular.

En **MEJORA GENÉTICA**, los trabajos desarrollados en España se han centrado principalmente en la dorada, con el desarrollo de esquemas de selección mediante la definición de caracteres de interés comercial, resistencia a enfermedades, estudio de parámetros genéticos, estimación de la interacción genotipo-ambiente y la gestión de reproductores bajo los propios condicionantes de la industria.

En **DIVERSIFICACIÓN**, la seriola (*Seriola dumerilli*), representa una fuerte apuesta en cuanto a diversificación de especies en España. En la actualidad, un grupo empresarial Noruego está apostando por esta especie en sistemas de explotación off-shore.



La **ALIMENTACIÓN**, es en la actualidad uno de los principales retos del sector acuícola, siendo necesario el desarrollo de nuevas estrategias que garanticen el crecimiento, la salud y el bienestar de los animales mediante el uso de dietas funcionales menos dependientes de la proteína de origen acuático, que mejoren la resistencia sin comprometer su crecimiento, desarrollo y bienestar.

En **GESTIÓN SANITARIA**, La” Guía para la gestión sanitaria en acuicultura”, aborda la información relativa a las enfermedades de la acuicultura marina y continental españolas, considerando aspectos de la epidemiología, y elaboración de procedimientos y estrategias.

El Mar

Los veterinarios, junto a otras profesiones, somos esenciales para la gestión de los océanos, en áreas de trabajo como el tratamiento de animales marinos, salud ambiental de los océanos y en la salvaguarda de la seguridad alimentaria de los alimentos procedentes del mar.

Cada 8 de junio se celebra el **Día Mundial de los Océanos**. Nuestra salud, con el conocido y necesario enfoque “One Health”, está íntimamente ligada a la salud del mar, o con un enfoque más global a la salud de todo el Medio Ambiente.

Compañeros de la Universidad de Las Palmas están implicados en una de la amenazas a la salud de los océanos, la ciguatera. Desde 2010, el Instituto Universitario de Sanidad Animal y Seguridad Alimentaria realiza unos 1.500 test anuales, y afortunadamente no se ha producido ningún caso de enfermedad por consumo de pescado



sometido a test oficial, a pesar de que desde la Red de Investigación en Sanidad Animal (Red RISA) explican que la ciguatera está experimentando una progresiva extensión geográfica debida al cambio global y cambio climático.

La medicina veterinaria marina, también llamada medicina animal acuática, es una especialidad emergente que sirve a las necesidades de los mamíferos en cautiverio como delfines y focas, tortugas de mar, otras especies de zoológicos y acuarios, y a peces mascota.

Universidades como la de California a través de la “Davis School of Veterinary Medicine“(UCDAVIS) ofrecen programas de postgrado en Salud Acuática dirigidos a la formación de veterinarios e investigadores en salud de organismos acuáticos, patología comparada, farmacología y ecotoxicología.

Los veterinarios acuáticos son médicos que se especializan en el manejo de la salud de animales e invertebrados marinos. Son profesionales con licencia para diagnosticar y tratar una amplia variedad de especies marinas. Según la Oficina de Estadísticas Laborales de EE. UU., se proyecta que el empleo de veterinarios crecerá un 19% hasta 2026, mucho más rápido que el promedio de todas las ocupaciones.

En Estados Unidos existen dos asociaciones: La Asociación Mundial de Medicina Veterinaria Acuática (WAVMA) y la Asociación Estadounidense de Medicina Veterinaria. (AVMA), ambas trabajan estrechamente en favor de estas especialidades ligadas al mar.



Recientemente la Fundación Oceanográfica con su equipo veterinario al frente firmó un acuerdo de 4 años de duración con la compañía de salud animal Zoetis, que cedió equipos de diagnóstico rápido in situ para facilitar el tratamiento de animales varados, y ha permitido el desarrollo de una técnica pionera en delfines que detecta enfermedades respiratorias, con espirómetros adaptados a los delfines que permite estudiar la capacidad y función pulmonar

Los veterinarios estamos en las valoraciones que los escapes de la acuicultura pueden tener sobre las poblaciones silvestres, su efectos genéticos y patológicos y cómo pueden provocar desequilibrios en otras poblaciones.

Como responsables de la seguridad alimentaria tenemos que conocer e implicarnos en la gestión de procesos relacionados con la contaminación marina, evitando que afecte a la salud humana.

La Biotecnología

La definición que la Convención de Biodiversidad de la ONU acordó en Rio de Janeiro fue: “toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos”.

Con esta definición no cabe duda de que los veterinarios siempre hemos sido biotecnólogos facilitando la mejora y el bienestar animal, y garantizando el abastecimiento del mercado con productos sanos, saludables y respetuosos con los propios animales y con el medio ambiente.



Ahora bien, ¿estamos preparados para entrar en la biotecnología marina? ¿Lo están los planes de estudios de las facultades de veterinaria?

Pongamos color a la biotecnología en forma de un apellido cromático, podemos hablar de biotecnología roja en los campos de la salud, de biotecnología verde, en los sectores agrícola y ganadero, de biotecnología blanca en la industria, pero debemos añadir un nuevo color, la biotecnología azul, para hablar de las aplicaciones en el medio marino.

La producción animal se ha acelerado, en el mundo de la biotecnología verde la mejora genética de todas las especies con destino a alimentación ha pasado de basarse en una genética cuantitativa, al uso de tecnologías de ADN recombinante con la inserción de genes de origen externo que han dado lugar a la “transgénesis”, o al bloqueo en cualquiera de sus etapas de transcripción o traducción de determinados genes.

Pero si hay una técnica que ha revolucionado la biotecnología animal y vegetal ha sido el sistema CRISPR-Cas, con ese conocido edita, recorta y pega, como si de un procesador de textos se tratara, que ha evolucionado de una forma muy rápida en los últimos 5 años, y que debemos en sus orígenes al Catedrático de la Universidad de Alicante D. Francis Mojica, que fue el primero en relacionar las repeticiones palindrómicas con la inmunidad bacteriana.

Vayamos un momento al año 2008, y acompañemos al científico japonés Shimomura a recoger el Nobel de Química, este químico orgánico y biólogo marino fallecido recientemente a los 90 años, quedó fascinado en 1960 por la química de la bioluminiscencia recogiendo más de un millón de medusas (*Aequorea victoria*), y durante 40 años examinó las proteínas encargadas del brillo, y



encontró una proteína que denominó, la aecurina, que producía luz azul, y que pasaba a ser verde por la acción de otra proteína que llamó GFP, proteína verde fluorescente. Hoy cualquier laboratorio molecular puede incorporar el gen de esta proteína en una célula, esto nos permite ver como una bacteria interactúa con el sistema inmune o comprobar si un tratamiento contra el cáncer es eficaz (Shimomura, 2009). Esto es biotecnología roja con base cromática azul, una investigación básica que ha permitido avances en terapias de anticuerpos monoclonales, en terapia génica, en terapia celular como es el uso de células CAR-T, reeducadas para reconocer proteínas de tumores.

La **ingeniería de tejidos** es una técnica biotecnológica que permite el desarrollo de estructuras tisulares obtenidas en tres dimensiones que facilitan la reparación de tejidos no funcionales. El uso de estas estructuras como andamiaje facilita la adherencia y crecimiento de células y en ocasiones permite regenerar segmentos de tejidos completos. El uso de biomateriales de origen marino, en concreto, procedentes de **cnidarios**, se inició en la década de los 70 con los **corales**, los cuales son a día de hoy los organismos marinos más estudiados en cuanto a biomateriales.

En el tejido óseo se ha introducido como un andamio bioactivo un material poroso y cristalino obtenido del hidrocoral *Millepora dichotoma*, que promueve la diferenciación y subsecuente generación de nuevo material óseo a partir de células madre; en tejido nervioso, mucho más complejo debido a su organización, se ensayan para su restauración en caso de daño una biomatriz cristalina de aragonita obtenida del coral *Porites lutea*.

Abordemos ahora la *biotecnología marina, azul*, que aborda diferentes campos de elevado potencial para el bienestar de la humanidad. El *Suministro de alimentos* es una de las aplicaciones



más importantes para satisfacer la creciente demanda de productos de la pesca y la acuicultura, ya que los productos alimenticios de origen marino son una parte fundamental de la alimentación humana.

Profundizando en la biotecnología marina, la profesión veterinaria junto a otros profesionales ha logrado importantes logros y tiene en la actualidad desafíos de gran trascendencia para la humanidad que surgen del compromiso que tenemos con la salud pública, con la alimentación mundial y con la sostenibilidad del planeta, una vez más “one health”. Repasemos algunas de las líneas de biotecnología azul en las que estamos inmersos:

Si hablamos de MADURACIÓN GONADAL, somos conocedores de que el control reproductivo de las especies acuáticas es algo esencial para poder cultivarlas en condiciones de cautiverio; la maduración gonadal, junto a la alimentación de las fases larvarias son dos de los principales hitos a superar. En determinadas circunstancias es necesario acelerar o retrasar la maduración, a fin de sincronizar la producción de gametos de machos y hembras, de adelantar o desfasar el desarrollo embrionario y la producción de juveniles, o de facilitar la hibridación o cruzamiento de especies distintas

CONTROL DEL SEXO derivado bien de intereses productivo o bien de control medioambiental. En el primer caso nos puede interesar inducir un crecimiento más acelerado o una maduración más tardía, este es el caso de los salmónidos donde los machos maduran más rápidamente, como media un año antes, que las hembras. Estos cambios en la maduración gonadal reducen el valor de mercado y empeoran los índices productivos. En el segundo caso, el control medio ambiental, el aislamiento reproductivo es necesario para organismos genéticamente modificados (OGM) para impedir las



interacciones con especies silvestres en el caso de que pueda haber escapes desde las jaulas de cultivo hacia el medio natural.

Cuando usamos métodos endocrinos el objetivo es sobrepasar la determinación sexual genética que viene determinada por sus cromosomas sexuales, y esto se logra mediante el uso de compuestos androgénicos o estrogénicos en las primeras etapas del desarrollo, que permiten obtener de forma mayoritaria peces de un solo sexo. Mediante el uso de esteroides sexuales para la inversión sexual de peces, podemos tener trucha arcoíris que son machos XX, denominados neomachos.

Los machos de la trucha arcoíris se desarrollan más despacio que las hembras. Cuando llegan al peso de mercado ya son demasiado viejos y su aspecto es menos apetecible para el consumidor, su comercialización es menos rentable, la legislación impide la comercialización para consumo humano de animales que hayan sufrido tratamientos hormonales.

Existe una técnica que soluciona estos problemas, con el objetivo de conseguir que todos los animales sean hembras. Para esto se cruzan hembras normales con neomachos. Los neomachos son genéticamente hembras que han sido tratadas hormonalmente para transformarlas en machos. Las células madre de sus testículos sólo tienen dotación cromosómica XX, por tanto, únicamente producen espermatozoides (X), que al cruzarlos con óvulos (X), generan toda la descendencia (XX): hembras. La descendencia no ha sufrido ningún tratamiento hormonal y, por tanto, se pueden comercializar

La manipulación de cromosomas para control del sexo suele realizarse de forma conjunta con actuaciones a nivel endocrino, siendo lo habitual la generación de hembras triploides que son estériles, como ya se ha realizado en salmones y truchas.



GENETICA MOLECULAR Y DIAGNOSTICO, Kary Banks Mullis, que en 1993 compartió el Nobel de Química con Michael Smith por la invención de la *reacción de cadena de polimerasa (PCR)*, falleció unos meses antes de que el uso de la técnica de PCR, ya conocida y usada en los laboratorios del todo el mundo, pasase a ser de dominio público a nivel de lenguaje tras popularizarse su uso durante la pandemia de la COVID.

Esta técnica no solo nos permite un nivel hasta hace un par de décadas desconocido en el diagnóstico de patologías, en mejora genética, en análisis forense, y un larga lista de avances sin parangón, sino que también permite ya diferencial entre poblaciones de salmones escapados de jaulas de cultivo en relación a los salvajes con el objetivo de evaluar los potenciales efectos ambientales de estas interacciones por escapes.

Llama enormemente la atención, al menos a mí me lo produce, que estas técnicas moleculares nos permitan detectar la expresión de genes que codifican determinadas enzimas que están involucradas con la excreción de compuestos orgánicos nocivos para personas y animales que pueden provenir de fuentes naturales o industriales como pueden ser PCBs, dioxinas y furanos, compuestos aromáticos polinucleados. Si detectamos la expresión de estos genes, su transcripción mediante *ARNm*, *ARNt* y *ARNr* podemos significar que estos organismos han estado expuestos a contaminación ambiental. Estamos ante una biopsia ambiental líquida para detección de contaminantes.

ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS, la modificación genética busca incrementar la calidad y la cantidad de los productos de la acuicultura, mediante la intervención sobre genes ya identificados, que además pueden transferirse entre especies.



La lista de estos genes aumenta cada día, pero los que están más consolidados en investigación y ya en aplicación directa son: hormonas de crecimiento para acelerar el desarrollo, proteínas anticongelantes para incrementar la tolerancia al frío, y lisozimas para mejorar la resistencia a enfermedades.

Dentro de los OGMs en el ámbito del crecimiento y/o reproducción los mecanismos de actuación son muy variados, se ha trabajado en crear lo que se conoce como pérdida de función (knock-out) bloqueando la emisión de gonadotropina, con el objetivo de retrasar o disminuir la reproducción, y evitando que los peces en crecimiento entre en pubertad con lo que esto supone a nivel de crecimiento y deposición grasa y efectos económicos en el mercado.

Los salmones de crecimiento rápido fueron inicialmente desarrollados por la compañía *Aqua Bounty Technologies* comenzando sus trabajos de investigación en 1980, y 9 años más tarde ya tenían el primer salmón transgénico del mundo. Sin embargo, tuvieron que esperar mucho ya que su andadura por los mercados acaba de empezar, sobre todo en EEUU y Canadá, cuyas respectivas agencias de seguridad, como la FDA y la Health Canada, han dado el visto bueno a su comercialización. La agencia estadounidense fue la más temprana pues lo aprobó en noviembre de 2015 y la canadiense en mayo de 2016.

El salmón transgénico no tolera temperaturas cálidas en comparación con el silvestre. El animal modificado alcanza su tamaño adulto entre los 16 y los 18 meses en lugar de los 30 meses como es el caso del salmón silvestre, y se comercializa con un peso de 4,5 kilos. Esto es posible porque combina el ADN de tres especies: salmón salvaje del Atlántico, junto con material genético del salmón chinook y un gen de la proteína anticongelante de un pez anguila bentónico (*Zoarces americanus*) que vive en el Atlántico



Norte. Gracias a esta amalgama genética el pez puede alcanzar el tamaño adulto más rápidamente y, por lo tanto, su producción resulta menos costosa para la empresa.

Los peces de hielo constituyen el 90% de la fauna que vive en la plataforma antártica, son criaturas espeluznantes y etéreas, no solo no tienen hemoglobina ni mioglobina, sino que su sangre y gran parte de su cuerpo son translúcidos, y tienen aproximadamente el 10% de la capacidad de transporte de oxígeno de sus parientes más cercanos. Para compensar eso, desarrollaron un gran corazón, un sistema vascular mejorado, no tienen escamas, poseen grandes agallas y son capaces de captar oxígeno a través de la piel, pero destacan por su capacidad de producir proteínas anticongelantes (AFP), descubiertas por Arthur DeVries, que les permiten nadar sin congelarse alrededor de las gélidas aguas antárticas. Estas AFP, son unas glicoproteínas especiales capaces de unirse a los minúsculos cristales de hielo en formación. De esta forma, estas proteínas evitan que los cristales sigan creciendo y puedan dañar al animal.

Un ingenioso mecanismo que es capaz de disminuir el punto de congelación hasta los 2,5°C bajo cero, más que suficiente para que estos peces puedan sobrevivir a las temperaturas del océano Antártico.

El uso de estas proteínas anticongelantes tiene aplicaciones en: la tolerancia a la congelación de las plantas de cultivo y la ampliación de la temporada de cosecha en climas más fríos, la mejora de la producción de piscicultura en climas fríos, prolonga la vida útil de los alimentos congelados y mejorar los procedimientos de criocirugía, cosmética, proteínas anticongelantes en helados y yogures. En nuestro campo profesional de la tecnología de los alimentos, las proteínas anticongelantes abren otra puerta al tecnólogo veterinario.



La resistencia a las enfermedades importante línea de investigación asociada a nuestra profesión y en línea con la estrategia de la granja a la mesa para una reducción del uso de farmacológicos en producción animal. La resistencia de los animales a las enfermedades infecciosas ha recibido una atención cada vez mayor en los últimos años como uno de los principales objetivos de los programas de cría de animales de granja.

Las estrategias desarrolladas a este respecto se dirigen a potencial la inmunidad innata mediante la presencia de lisozimas, o en el caso de la inmunidad adquirida por la respuesta de inmunoglobulinas, y también al descubrimiento de mutaciones genéticas que disminuyen la sensibilidad de los peces a determinados patógenos. La combinación de datos de campo con herramientas genómicas brinda oportunidades para comprender la arquitectura genética de la resistencia a enfermedades, lo que genera nuevas oportunidades para el control.

Son numerosos los proyectos de investigación que correlacionan la resistencia a enfermedades bacterias, fúngicas y víricas con los niveles de lisozimas y se profundiza en las diferencias genómicas que las ocasionan.

En el caso de las mutaciones genéticas ventajosas un ejemplo lo tenemos con el virus de la tilapia lacustre (*Tilapia lake virus* o TiLV). La tilapia es reconocida por la ONU y la FAO como una gran fuente de proteína esencial en países desarrollados. Una región específica en el genoma de la tilapia tiene un efecto importante en los niveles de mortalidad cuando se produce un brote del virus de la Tilapia lacustre (TiLV), según un estudio dirigido por el *Roslin Institute*. La tasa de supervivencia promedio de la tilapia con las variantes favorables fue 32 % más alta que la de los peces sin ninguna de las variantes. Gracias a ello, los criadores podrán seleccionar los



mejores candidatos de tilapia resistentes al virus mediante la selección asistida por marcadores, lo que permitirá crear razas de tilapia resistentes que puedan ayudar a mantener la producción de peces frente a los crecientes riesgos de enfermedades que amenazan la seguridad alimentaria en muchas partes del mundo.

Planes de Estudio en las Facultades de Veterinaria relacionados con la acuicultura, el mar y la biotecnología marina

Si me lo permiten, entremos en la parte de mi conferencia que considero esencial para nuestra profesión, desde un análisis crítico pero constructivo, desde una visión en la que los veterinarios y veterinarias debemos ser parte de la acuicultura, de la protección y de la conservación del mar, y por supuesto de la biotecnología marina, partiendo del bagaje que ya tenemos en el mundo de los animales terrestres, e incluyendo en las facultades que no las tengan y así lo decidan, asignaturas que completen nuestras competencias curriculares en los aspectos que hoy estamos aquí tratando.

Nuestro compañero y académico de la RACVE, ya fallecido, Don Manuel Moraleda Benítez, escribió un artículo que fue incluido en los *Anales de la Real Academia de Doctores* titulado: “El Veterinario y el cultivo del mar. Evolución histórica de la veterinaria”, y proclamaba que el mar ha sido siempre una fuente esencial para la alimentación animal y humana y sus perspectivas son no ya importantes, sino trascendentes en un mundo cada vez más amenazado por la crisis proteica de origen terrestre.

Es cierto que todas las profesiones están en una evolución constante, y la nuestra no escapa a esa dinámica. Con el transcurrir de los años nuestra esfera de actuación se ensancha cada día, de forma que nuestros padres profesionales quedarían impactados con



algunas de las ramas a las que hoy nos dedicamos algunos veterinarios.

Hoy los campos de trabajo son multidisciplinares, con intersecciones y áreas comunes donde confluyen numerosas profesiones, y por esa razón nosotros no podemos rezagarnos, no podemos perder el ritmo que nos marca la evolución profesional y científica, y tenemos que permanecer abiertos y atentos a un futuro que es prometedor para las Ciencias Veterinarias, y una parte de ese futuro está ligado al mar, a sus producciones y la protección y cuidado del ecosistema marino.

El Doctor Moraleda en su artículo nos habla de compañeros que apostaron ya hace años por abrirnos camino en el mundo del crecimiento azul, permitidme honrar alguno de ellos en esta mañana, en una tierra de gentes de mar, Dr. José Luís Fernández Espinosa, Dr. Rafael Sarazá, Dr. Benito Madariaga de la Campa, Dr. Diego Jordano Barea, el propio Dr. Manuel Moraleda Benítez, son ellos y muchos más vanguardia azul de nuestra profesión.

Pero, ¿Estamos preparados profesionalmente para este desafío profesional?

Es cierto que nuestra preparación en materias como anatomía, fisiología, patología, microbiología, parasitología, epizootiología, producción animal, etc., se puede aplicar al medio marino, pero los veterinarios no siempre hemos percibido la acuicultura, el mar y la biotecnología como sectores para nuestro desarrollo profesional, siendo biólogos y agrónomos quienes han ejercido mayoritariamente sus competencias en este sector.



La patología de las especies marinas es un reto para los veterinarios no solo para las especies que están hoy en día bajo el paraguas de la acuicultura, sino también en otros ámbitos de los ecosistemas marinos. Todos compartiremos que para poder trabajar en biotecnología roja, verde y azul es necesario ahondar en materias esenciales dirigidas al mar, o perfilar asignaturas específicas en los planes de estudio que faciliten la obtención de conocimientos y competencias.

Los veterinarios somos responsables y garantes de la normativa en materia de sanidad animal, higiene en la producción acuícola, salud pública y sostenibilidad medioambiental de la acuicultura, y para el ejercicio de estas competencias son necesarios conocimientos básicos que se adquieren durante la formación en las universidades y la formación continuada posterior, así como la praxis adquirida a través de la experiencia.

Sin embargo, las facultades de veterinaria pasan de puntillas en sus planes docentes por los contenidos relacionados con la acuicultura o con la patología de mamíferos marinos, o con la propia biotecnología azul. Del análisis de los planes de estudio de 14 facultades de veterinaria de España, 7 de ellas, a saber: León, Extremadura, Córdoba, Murcia, Lérida, CEU Cardenal Herrera y Universidad Europea no tienen en sus planes de estudio ninguna asignatura relacionada con la acuicultura o con la patología de peces.

Entre las públicas que aborden una formación curricular destacan la Universidad de la Palmas que tiene 15 créditos obligatorios dirigidos a la sanidad de los mamíferos marinos y patología de peces, junto a la Universidad de Barcelona con 3 créditos obligatorios en Acuicultura e ictiopatología, y hasta 9 créditos optativos en piscicultura y productos de la pesca.



La Universidad Complutense tiene 6 créditos obligatorios en acuicultura e ictiopatología, la Universidad de Zaragoza tiene una asignatura obligatoria de 4 créditos dedicada a la integración de animales acuáticos y exóticos y finalmente la Universidad de Santiago de Compostela, tierra que hoy nos acoge, con 3 créditos optativos para anatomía de peces, anfibios, reptiles y aves.

En el caso de las universidades privadas Alfonso X oferta una asignatura optativa de ictiopatología, y la católica de Valencia tiene una asignatura de 6 créditos obligatoria para acuicultura, y oferta una intensificación en acuicultura como optativa.

Como acabamos de ver el 50% de nuestras facultades de veterinaria en España no visualizan de forma directa la acuicultura, y de las 7 restantes, 4 de ellas tienen asignaturas troncales relacionadas con la acuicultura y por tanto de carácter obligatorio, y las tres restantes tienen asignaturas optativas relacionadas con esta materia.

¿Esta situación de programación de planes de estudio es suficiente para posicionarnos en el ecosistema marino? ¿Estamos facilitando que los veterinarios/as evolucionen hacia una especialización o nos aferramos al tradicionalismo del animal doméstico de compañía o de abasto?

Desde mi perspectiva creo que podemos hacer más, y que si es prioritario abrir un debate sobre el número de facultades de veterinaria en España, también lo es el disponer de planes de estudios dinámicos y adaptativos.

La **Asociación Mundial de Veterinarios (WVA)** lanzó en 2018 un comunicado sobre el papel del veterinario en la salud animal en la



acuicultura donde expresan que debido al crecimiento de la acuicultura es necesaria una mayor relevancia de la profesión veterinaria, y animan a los organismos educativos de veterinaria de todo el mundo que no tengan un plan de estudios sobre la práctica veterinaria en acuicultura, que la incorporen a sus planes de estudios.

Si salimos del grado y llegamos al postgrado, encontramos una oferta formativa de siete másteres a nivel nacional relacionados con la acuicultura que en unos casos son de 60 créditos y en otros de 120 créditos: en Las Palmas de Gran Canarias, Cádiz, Galicia, Cataluña, Granada y Murcia.

Más allá de grado y del postgrado, y como formación complementaria es posible mediante cursos y jornadas organizados por diversas entidades: escuelas de la función pública, centros de investigación, colegios profesionales, empresas del sector, etc. En este punto es importante el papel de la Organización Colegial, de la RACVE y otras Academias de Ciencias Veterinarias de España que deben apostar por este sector como motor de creación de empleo.

Como decía Gregorio Marañón: “La rapidez es una virtud pero engendra un vicio que es la prisa”. Si pensamos que la acuicultura, el mar y la biotecnología marina son campos de nuestra profesión, trabajemos por ello, sin prisa pero sin pausa. Cuando no se tiene un plan uno acaba siendo esclavo de lo inmediato.

Ya voy acabando, pero no quiero hacerlo sin otra nueva reflexión.

¿Estamos los veterinarios preparados para la investigación en materias como las que estamos tratando? ¿Las empresas del sector acuícola, de la biotecnología azul y aquellas dedicadas a la salud del



ecosistema marino confían en nuestra formación para integrarnos en sus plantillas y equipos de trabajo?

Investigación

Coincidiríamos en que la investigación en cualquier disciplina es el motor de la innovación empresarial y futuro para cualquier sector de la sociedad actual. En el campo de la acuicultura, Europa es fuente de conocimiento que se exporta a otros países donde la acuicultura quiere no solo crecer en lo cuantitativo, sino tener unas producciones sostenibles, sanas y seguras.

Sin embargo, los veterinarios son una excepción en el duro pero gratificante mundo de la investigación, y su presencia dista mucho de la que tienen otras profesiones que también apuestan por la acuicultura como motor primario de desarrollo de la economía azul.

Sin duda hay excepciones, como el proyecto de “Sanidad Marina” de la fundación oceanográfica en Valencia, en ingeniería genética tenemos investigadores destacados como Doña Maria del Carmen Alvarez Herrero, Veterinaria, Catedrática de Genética en la Universidad de Málaga; el grupo de investigación “Acuigen” con un carácter multidisciplinar, o el compañero Javier López Viana, académico numerario de la Academia de Ciencias Veterinarias de Galicia.

En definitiva, si nuestra profesión quiere posicionarse en la investigación marina es necesario incentivar la vocación investigadora de los veterinarios desde el inicio de su formación, y de forma particular generar un tejido investigador en acuicultura, en biotecnología, en sanidad y salud ambiental de los ecosistemas marinos, que nos consolide frente a la concurrencia con otros perfiles profesionales que también se abren paso en este campo.



Estamos ante otro nuevo reto profesional. Como decía nuestro querido Santiago Ramón y Cajal: “Todo ser humano si se lo propone puede ser escultor de su propio cerebro”.

Veterinarios y empresas

La acuicultura como producción animal se ha desarrollado en la empresa soportada en la presencia de titulados superiores que con sus conocimientos y experiencias han conseguido que sea una actividad rentable.

Ahora bien, una vez más las titulaciones que han contribuido a este rápido crecimiento no han sido veterinarios, sino en la mayor parte de los casos titulados en biología. De forma progresiva, pero lenta, se ha producido una incorporación de veterinarios a las empresas de acuicultura, en especial a aquellas empresas de mayor tamaño y que disponen de un servicio propio de patología, de producción animal, y calidad de producto. Cada vez más veterinarios se emplean en industrias farmacéuticas relacionadas con el medio marino, o en fábricas de piensos donde se encargan de formulaciones y calidad de producto. Líneas de trabajo que se abren pero para las que hay que estar formado.

La RACVE, y el resto de Academias Veterinarias de España, tienen entre sus fines el fomento de la investigación, la técnica y el estudio de los campos científicos que agrupan a las Ciencias Veterinarias, y actúan como Entidades Científicas y Consultivas para la coordinación, dentro del ámbito de dichas ciencias y en sus relaciones con otros ámbitos científicos afines.

La acuicultura, el Mar y la biotecnología marina forman parte del campo científico de las Ciencias Veterinarias, fomentemos pues su



investigación, su estudio y facilitemos a los veterinarios/as un inmenso “mar” de oportunidades que mejoren nuestra sociedad, y la salud de nuestros mares y océanos.

Permitidme acabar con una frase de Séneca: “No hay viento favorable para quien no sabe dónde va”. Seleccionemos nuestra visión profesional marina, elijamos la ruta, y tendremos una buena singladura. He dicho. Muchas gracias por su atención.