

MEDUSAS: CIENCIA Y MITOS

JELLYFISH: SCIENCE AND MYTHS

Manuel Elices Calafat



ORIGINAL

MEDUSAS: CIENCIA Y MITOS

JELLYFISH: SCIENCE AND MYTHS

Manuel Elices Calafat¹

1. Académico Numerario de la RAC.

RESUMEN

Las medusas han despertado interés por sus extraños cuerpos transparentes, por su luminiscencia o por sus picaduras. Estos animales singulares aportan, además de curiosidades y anécdotas, una valiosa información en diversas áreas del conocimiento.

Algunas medusas parece que han conseguido la inmortalidad, otras son una valiosa ayuda en biomedicina y con otras se han hecho experimentos en el espacio. El creciente interés por el biomimetismo se ha fijado en estos animales para desarrollar dispositivos ópticos y mecánicos.

La mitología no ha sido ajena a la medusa y la ha utilizado en sus leyendas. Mitología y arte han ido de la mano, y los artistas también se han inspirado en el mito de Medusa.

El artículo pretende mostrar someramente algunas de las muchas facetas de este sorprendente animal.

Palabras clave: Cnidarios; GPF (proteína fluorescente verde); Medusa y Perseo; Inmortalidad.

ABSTRACT

Jellyfish have generated interest due to their strange transparent bodies, their luminescence and their sting. In addition to curiosities and anecdotes, these unique animals provide valuable information in diverse fields of knowledge. Some jellyfish seem to have acquired immortality, others offer a valuable contribution to biomedicine and others have been the subject of experiments in space. The growing interest in biomimetics has centred, in these creatures, around the development of optical and mechanical devices.

Jellyfish have often appeared in mythology which has used its legends. Mythology and art have gone hand in hand, and artists have also derived inspiration from the myth of Medusa.

This article aims to illustrate superficially some of the many facets of this surprising creature.

Keywords: Cnidarians; GPF (Green Protein Fluorescent); Medusa and Perseus; Immortality.

Correspondencia

Manuel Elices Calafat

Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España

Calle Valverde, 22 · 28004 · Madrid, España

E-mail: secretaria@rac.es

LA MEDUSA Y EL VINO

La medusa es la *Pelagia noctiluca* (Fig. 1) y su relación con el vino nos lo cuenta Jacqueline Goy, del Museo Nacional de Historia Natural en París. Ella ha estudiado como han variado las poblaciones de esta medusa en el Mediterráneo durante los últimos 200 años.

El nombre *Pelagia* es debido a que su vida transcurre en la zona pelágica (del griego πέλαγος, mar abierto) - la columna de agua que no está sobre la plataforma continental - y *noctiluca* porque esta especie brilla

en la oscuridad. Cuando es excitada, se produce una corta luminiscencia que deja una estela detrás que se va desvaneciendo poco a poco, motivo por el que también se la conoce como acalefo luminiscente.

Jacqueline Goy y sus colaboradores han detectado que cada 12 años, más o menos, la población de *Pelagias* en el mediterráneo aumenta considerablemente (Goy et al.1989). **El auge de estas poblaciones suele coincidir con** períodos de poca lluvia, altas temperaturas y altas presiones, a finales de primavera y verano. Con estas condiciones, también se producen **las mejores cosechas de vino**. (White et al. 2006).



Figura 1. *Pelagia noctiluca*, Forsskal 1775.

Puede argumentarse que cuando no se dan estas condiciones - si en verano y en otoño hay lluvias y está nublado - las cosechas son peores por la aparición de hongos e insuficiencia de luz solar. Aun así, para convencer a los escépticos, datos recogidos entre 1900 y 2005 en diversas regiones vinícolas de Francia muestran las siguientes coincidencias entre excelentes producciones de vino en varias regiones y la aparición masiva de *Pelagias*:

- 2 regiones vinícolas tuvieron 22 años excelentes cosechas, estas fechas coincidieron con 16 florecimientos de la medusa. (faltaron los datos de dos años)
- 3 regiones vinícolas tuvieron 6 años excelentes cosechas que coincidieron con 6 oleadas de la medusa.
- 4 regiones vinícolas tuvieron 4 años excelentes cosechas que fueron simultáneos con el incremento de las poblaciones de la medusa.

Datos recientes indican que las plagas de medusas van incrementando y que cada año se adelantan. Las causas no se conocen bien, pero están relacionadas con el cambio climático. Volveremos sobre ello más adelante.

UNA BREVE INTRODUCCIÓN

Para poder entender las plagas de las medusas y otras curiosidades de este extraño animal, conviene dedicar unos instantes a su anatomía, fisiología y ecología.

Las medusas pertenecen al **filum** de los **cnidarios** que se distribuyen en cuatro **clases**: **Escifozoos** (agrupa a las medusas grandes; la mayoría de las citadas aquí), **Hidrozoos** (hidras y pequeñas medusas; las mencionadas al comentar la inmortalidad), **Cubozoos** (las cubomedusas) y **Antozoos** (Anémonas y corales).

La característica común, que permite emparentarlos en un mismo grupo, es la posesión de células capaces de generar e inyectar un líquido urticante. El objetivo de estas células es la defensa del animal y la captura de presas. De ahí el nombre de cnidarios, el prefijo proviene del griego κνίδη, knide, ortiga.

Los cnidarios se pueden presentar bajo dos formas; **pólipo**, adaptado a la vida sésil y **medusa**, que lo está a la vida pelágica y libre. Ambas formas tienen la misma organización (Fig. 2). El cuerpo, con simetría axial, posee una pared formada por tres capas: la externa o **ectodermo**, la intermedia o **mesoglea**,

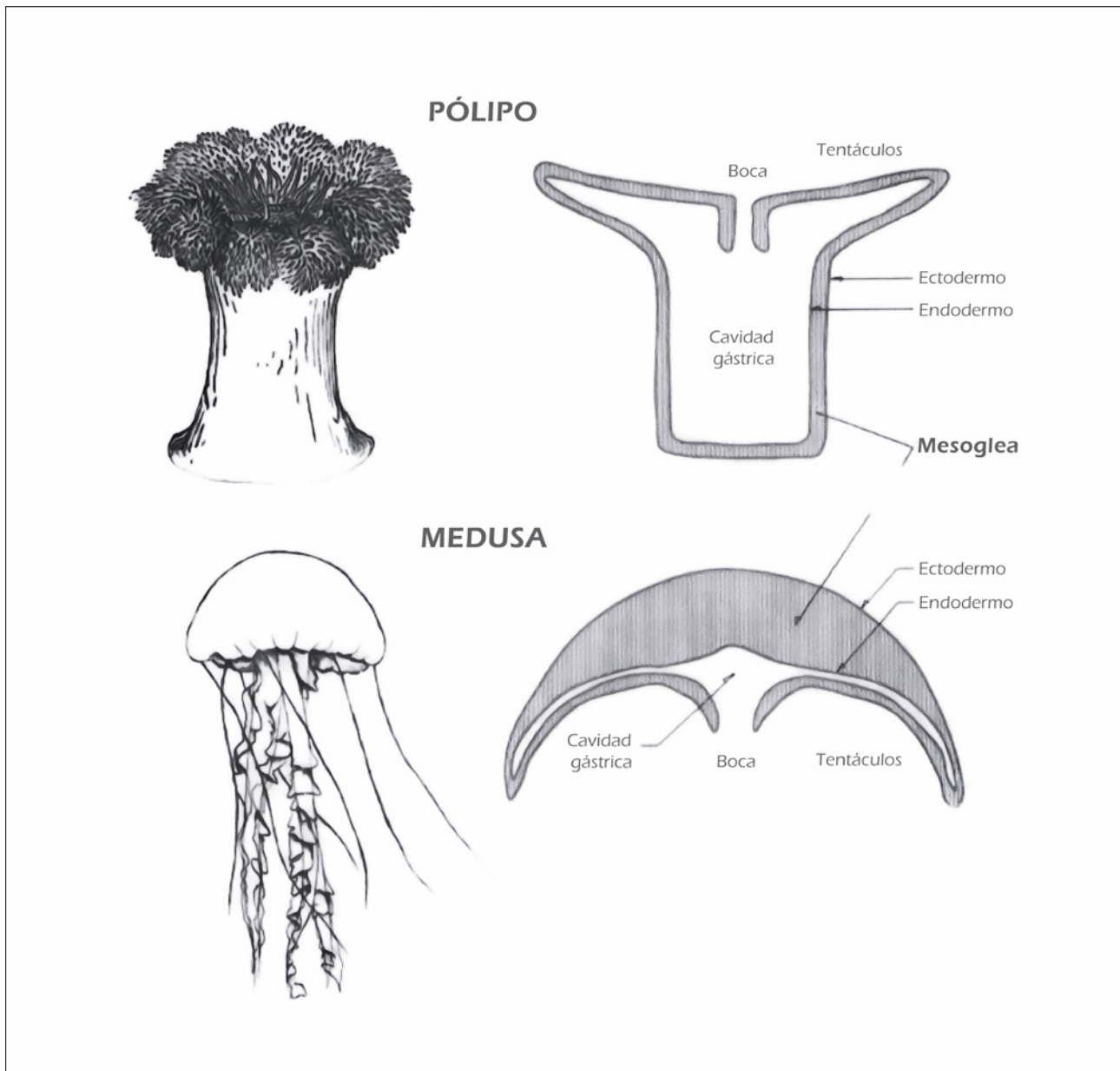


Figura 2. Secciones transversales de un pólipo y de una medusa, en las que se muestra la misma organización general.

y la interna o **endodermo**. En su interior, una cavidad gástrica central con una sola abertura que funciona como boca y ano. Dicha abertura está rodeada de una serie de tentáculos portadores de células urticantes.

El ciclo de vida de los cnidarios puede incluir ambas formas (pólipo y medusa). La predominancia de una sobre otra varía según las distintas **clases**. En la clase de los **escifozoos** la forma predominante es la de medusa, que suele ser de mayor tamaño y distinto aspecto que en los **hidrozoos** y **cuozoos**. La única clase que no tiene forma de medusa es la de los **antozoos**.

Las medusas ya han viajado por el espacio. A finales del pasado siglo, la NASA mandó al espacio pólipos de medusas (**Aurelia**) durante nueve días. (Spangenberg et al. 1994). El objetivo fue comparar el desarrollo de los sensores de gravedad en distintos ambientes; micro-gravedad y gravedad terrestre.

Desde comienzos de este siglo están apareciendo enormes cantidades de medusas en las costas del Mediterráneo, casi siempre en verano. Este fenómeno ha obligado a cerrar temporalmente muchas playas y a miles de bañistas soportar dolorosas pi-

caduras. También han ocasionado numerosos daños; varias plantas nucleares han tenido que parar temporalmente porque las medusas habían obstruido las tomas de agua. Las piscifactorías también han visto mermada su producción por la invasión de medusas que se alimentan de las larvas de los peces. Las plagas de medusas son un problema ambiental.

Las causas de la proliferación de medusas son muy diversas y complejas, posiblemente influya la sobrepesca y el calentamiento del agua del mar. Los efectos negativos de estos afloramientos son difíciles de controlar, pero se puede intentar sacar partido de esta biomasa aprovechándola para otros fines. Por ejemplo, en un proyecto europeo que trata de aminorar otro problema ambiental - la contaminación de microplásticos - se aprovecha la mucosidad pegajosa que segregan las medusas para filtrar los microplásticos del agua.

La anatomía y fisiología de las medusas, la estructura y funcionalidad de sus materiales - aunque más del 90% sea agua - y la sorprendente capacidad de supervivencia, invitan a copiar o inspirarse en ellas para resolver algunos problemas. Esta forma de proceder se la conoce como **bioinspiración** o **biomimetismo**.¹ Veamos algunos ejemplos relacionados con las propiedades mecánicas, con la optoelectrónica o con la biotecnología.

BLANDAS PERO RESISTENTES

La aparente sencillez del tejido de las medusas ha incentivado su estudio con el propósito de desentrañar las relaciones entre estructura y propiedades mecánicas (Elices y Guinea, 2013). La resistencia de las medusas a los embates del mar, a pesar de su disimulada fragilidad, ha motivado la fabricación de tejidos inspirados en la **mesoglea**.

Un ejemplo: Las **propiedades mecánicas** de la mesoglea de la medusa comestible ***Rhopilema esculentum*** las ha estudiado H. Wang y su equipo (Zhu et al. 2012) mediante ensayos uniaxiales de tracción y compresión. La estructura de la mesoglea está formada por finas láminas, apiladas paralelamente a la superficie de la campana, conectadas por nanofibras cuyos diámetros varían entre 20 y 50 nm. En cuanto a la composición química, el 97% es agua y el resto está integrado por fibras de colágeno y ácidos grasos no saturados. En los ensayos de tracción la tensión de rotura alcanza los 0.20 MPa y la deformación correspondiente es del 100%. Para los ensayos de compresión la tensión de rotura llega hasta 2.0 MPa y la deformación está alrededor del 86%. Estos resultados son mejores que los de la

mayoría de hidrogeles² sintéticos con un contenido en agua similar.

Los hidrogeles sintéticos tienen numerosas aplicaciones en biomedicina y farmacia, pero sus propiedades mecánicas son pobres y en muchas ocasiones no son aptos si tienen que soportar esfuerzos mecánicos, un inconveniente para fabricar robots blandos (Lee et al. 2020). Por estos motivos sería deseable desarrollar hidrogeles más resistentes inspirados en la estructura de la mesoglea de las medusas. La **umbrella** de la ***Chrysaora hysoscella*** (Fig. 3) posee una consistencia dura y resistente, apta para estos propósitos.

El cartílago hialino es un tejido altamente hidratado cuya recuperación es difícil una vez dañado, es uno de los mayores retos en la ortopedia. La matriz del cartílago está formada por un entramado de fibras de colágeno y proteoglicanos y posee unas excelentes propiedades mecánicas (Elices y Guinea, 2015). En un intento de regenerar lesiones en el cartílago se han ensayado tejidos cuyo andamio (*scaffold*) está formado por fibras de colágeno de la mencionada medusa (***R. esculentum***) porque el colágeno de esta especie es similar al colágeno, tipo II, de los mamíferos. (Hoyer et al. 2014).

Otro ejemplo: La **locomoción** de las medusas es muy singular; se basa en sucesivas contracciones y expansiones de la campana, producidas por unos músculos estriados parecidos a los de los vertebrados. Todavía no se sabe cómo fabricar mesogleas sintéticas, pero sí se ha fabricado una medusa artificial capaz de replicar los movimientos (Nawroth et al. 2012). Para ello se ha hecho crecer una lámina de células de la musculatura del corazón de una rata - que se contraen ante un estímulo eléctrico - y se han combinado con una capa de un polímero de silicón - que es elástico y permite recuperar la geometría inicial cuando cesa la corriente. Al aplicar un campo eléctrico a la medusa artificial, ésta se contrae imitando el impulso de las verdaderas medusas. Incluso crea una corriente de agua que podría atraer comida donde se situaría la boca. Esto sólo es un primer paso, porque los investigadores siguen experimentando con células del corazón humano. Lo que se persigue es establecer un modelo en el que probar medicamentos cardíacos y su respuesta muscular.

La medusa, se acelera durante las contracciones de la campana y reduce su velocidad cuando la campana se relaja. Los remolinos que se producen dentro de la campana, también la empujan hacia delante sin necesidad de utilizar los músculos estriados. Según Gemmel (Gemmel et al. 2013) este mecanismo hace del simple predador uno de los nadadores más eficientes (por unidad de energía gastada) del planeta. Estos resultados pueden sugerir el diseño de sistemas de propulsión, de baja energía, más eficaces.

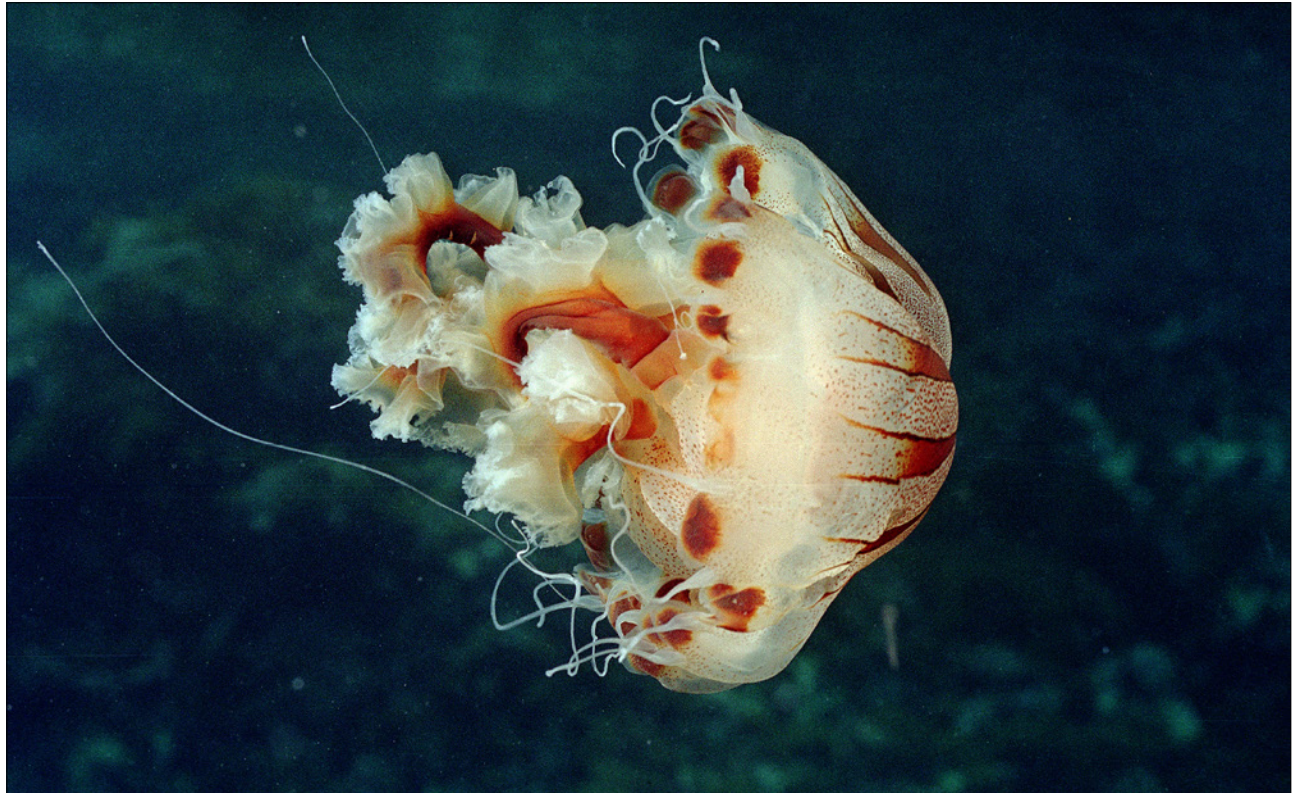


Figura 3. *Chrysaora hysoscella*, Linnaeus 1766. ³

UN PREMIO NOBEL PARA UNA MEDUSA

Cuando se descubrió la simple y elegante medusa *Aequorea victoria*, nadie se imaginaba que llegaría a ser famosa. Pequeña (8 cm) y transparente, es una de las medusas más bonitas que se exhiben en los acuarios. Pero no es famosa por este motivo.

Al iluminarla con luz ultravioleta UV, unos nódulos situados en la base de los tentáculos brillan de un color verde intenso. La molécula responsable de este fenómeno es una proteína conocida como **proteína fluorescente verde** GFP (por sus siglas en inglés). El hallazgo, cuya finalidad todavía no está clara, tiene no obstante muchas aplicaciones.

Dicha proteína está formada por una cadena de 238 aminoácidos que envuelven la parte de la molécula responsable del color, el cromóforo. La GFP tiene forma de un cilindro, de 4,2 nm de altura y 2,4 nm de diámetro. La fluorescencia se debe a un cromóforo que se genera por oxidación de la secuencia de aminoácidos Ser-Tyr-Gly. (Ormö et al. 1996)

La GFP se utiliza como una proteína de fusión, de forma que el gen de la GFP se fusiona con el de la

proteína que quiere estudiarse, y el producto fusionado se expresa en el organismo que interesa. La proteína fusionada actúa y se sitúa igual que la proteína natural y proporciona un marcador brillante en la microscopía. Se han injertado genes de GFP en plantas, gusanos, salamandras y otros animales, hasta en gatos. Gracias a esta proteína los investigadores han desarrollado métodos para observar procesos que eran invisibles antes de su descubrimiento, como el desarrollo de células nerviosas en el cerebro o la propagación del cáncer en células.

Martin Chalfie, Roger Y Tsien, y Osamu Shimomura, recibieron el premio Nobel de química en 2008 por el descubrimiento y desarrollo de la GFP. Esta proteína, observada por primera vez en la medusa *Aequorea victoria* en 1962, se ha convertido en una de las herramientas más utilizadas en biomedicina.

El descubrimiento de la proteína GFP y toda la ingeniería que se ha desarrollado a partir de ella, ha revolucionado la **imagen biomédica**. Las proteínas fluorescentes se han convertido en herramientas esenciales para la microscopía *in vivo* para marcar componentes celulares. Ahora ya se dispone de una rica paleta de colores, gracias a otras proteínas fluorescentes – de corales y anémonas – que emiten en



casi todo el espectro del arcoíris. Esta técnica permite estudiar en tecnicolor la maquinaria de los seres vivos. El artículo de E. A. Rodríguez (Rodríguez et al. 2017) resume los logros en estos últimos años.

La GFP puede tener protagonismo en campos tan distantes como la **optrónica**, si se consigue utilizarla en láseres de bajo consumo que permitirán localizar células sin dañar los tejidos. Se trata del láser de polaritones; funciona pasando fotones de un lado al otro, entre estados excitados de moléculas, en una cavidad de microondas⁴. Estos dispositivos pueden usar menos energía que los láseres convencionales y dañar menos los tejidos vivos. El inconveniente es que sólo funcionan bien a muy bajas temperaturas.

Con la proteína fluorescente, M. C. Gather y sus colaboradores han conseguido que el láser de polaritones funcione a temperatura ambiente (Dietrich et al. 2016), intercalando una lámina de proteína entre dos espejos en una micro cavidad con un alto Q (factor de calidad) y activándolo con un pulso de luz azul de un láser externo. Algún día, estos láseres se podrán insertar en células y utilizarlos como balizas para detectarlas. Esta técnica será más segura que con láseres con semiconductores, que pueden ser nocivos.

Aunque se han descubierto proteínas fluorescentes de la familia GFP en diversos taxones, todavía no está claro cuál es su función ecológica en estos organismos. En relación con las medusas, parece ser que la fluorescencia puede servir para atraer las presas. Experimentos con la medusa *Olindias formosus* así lo indican. (Haddock y Dunn. 2015).

GASTRONOMÍA, FARMACIA Y COSMÉTICA

Algunas medusas son **comestibles**. Se tiene noticias de su consumo en China desde hace 1700 años, por lo menos, según testimonia el filósofo Zhang Hua (232-300 AD) en su *Historia Natural*. Entre estos manjares figura la *Rhopilema esculentum* (ya mencionada), la más abundante en sus aguas. Además de su valor nutritivo, a pesar del poco contenido orgánico, las medusas se han apreciado mucho en los países asiáticos por sus valores terapéuticos en el tratamiento de la artritis, hipertensión, dolores óseos y úlceras. También, para suavizar la piel y mejorar las digestiones. (Omori y Nakano, 2001).

Parece ser que el consumo de medusas se extendió desde China hasta Japón, donde es frecuente, a partir de mediados del pasado siglo. Debido al aumento de la demanda, han mejorado las técnicas de recolección y procesado y su consumo se ha extendido por otros países asiáticos y, también, en Australia, India, Turquía, EEUU, y México.

Se evalúa que entre 1988 y 1999 la cantidad de medusas que se comercializaron fue de 320.000 toneladas (medusas húmedas). A efectos comparativos, las correspondientes cifras en este período fueron 350.000 t. para arenques del Pacífico, 280.000 t. para la perca del Nilo, o 260.000 t. para el atún blanco. A comienzos de este siglo, el valor de las piscifactorías de medusas se estimaba en más de 80 millones de dólares. (Kingsford et al. 2000). El comercio de medusas se ha extendido por todo el mundo, pero todavía hay poca información sobre el consumo en humanos.

En el Mediterráneo se conocen tres medusas que pueden tener interés comercial: *Aurelia* sp.1, *Rhizostoma pulmo* y *Cotylorhiza tuberculata* (Fig. 4). Estas especies florecen anualmente en las costas que van desde España hasta el Mar Adriático. Forman grandes biomásas y pueden ser excelentes candidatas para obtener productos de alto valor añadido.

Se ha investigado el contenido y composición de las tres especies mencionadas con los siguientes resultados (Leone et al. 2015): El contenido proteico (colágeno, mayormente) llegó hasta el 40% (en peso de medusa seca) para dos especies (*C. tuberculata* y *R pulmo*) y la presencia de ácidos grasos omega-3 y omega-6 fue alta solamente en *C. tuberculata*. En las tres especies se registró una destacable capacidad antioxidante. La abundancia de colágeno, péptidos y otras moléculas bioactivas en estas masas gelatinosas son una fuente natural no explotada de recursos para la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética.

Un equipo interdisciplinar, del que forma parte la Universidad de Cádiz y el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía, estudia el valor nutricional y antioxidante de una medusa gigante del Mediterráneo. (Prieto et al. 2018). Se trata de la *Rhizostoma luteum*. El diámetro de su campana puede alcanzar medio metro, puede pesar entre 10 y 15 kilogramos y sus tentáculos llegan hasta los tres metros. Los resultados de la investigación han demostrado un alto contenido en sustancias beneficiosas para la salud, entre las que destacan proteínas y fenoles, productos que funcionan como antioxidantes naturales y que se encuentran en una proporción mayor que en otras medusas conocidas.

El estudio también ha determinado su potencial capacidad fotoprotectora de la radiación ultravioleta, y su actividad para favorecer el buen funcionamiento de los melanocitos, que son responsables de la pigmentación de la piel. Además, el alto contenido en colágeno - un tejido que tiene la propiedad de rehidratar las células, dándoles elasticidad - hacen de esta medusa una fuente idónea para su aplicación en **cosmética y biomedicina**.



Figura 4.
Cotylorhiza tuberculata,
Macri 1778.⁵

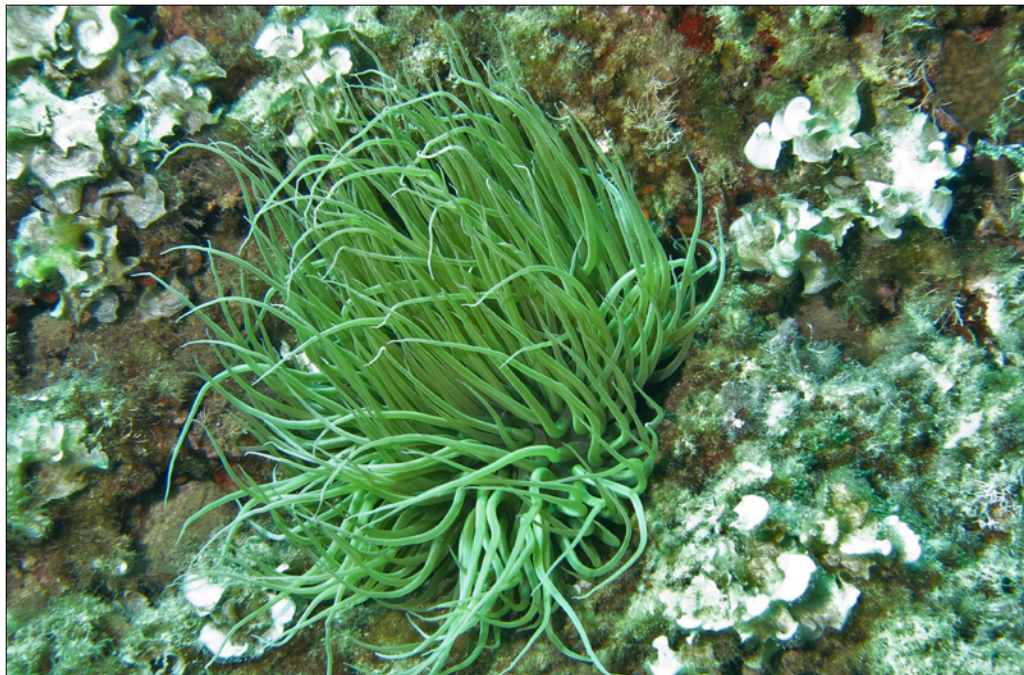


Figura 5.
Anemonia viridis,
Forsskal 1775

Un comentario colateral. La ortiga de mar (*Anemonia viridis*) también es un cnidario y un pariente cercano de las medusas (Fig. 5). Lo menciono porque se lleva consumiendo en la costa mediterránea desde mucho tiempo. En Andalucía, con el apelativo de ortiguillas. Maceradas en vinagre, rebozadas en harina y fritas en aceite pierden su capacidad urticante. Cito al respecto un antiguo texto (Ballester P. 1923) "Ortigas fritas.

Manjar prohibido fuera de los meses de invierno, por lo ardiente y hasta cáustico, y siempre peligroso para estómagos viejos y delicados: un cólico de ortigas no es para olvidado (sic). En el puerto (*de Mahón*) las hay de dos especies o variedades: vera y blanca, siendo esta última la mejor. Quien no las haya probado, que se imagine una croqueta de seso con el más refinado gusto al marisco."

EL MITO DE MEDUSA

La historia más conocida de Medusa procede del poeta romano Ovidio (43 a.C. - 17 d.C.). Según esta versión, Medusa era una hermosa sacerdotisa del templo de Atenea que fue violada y embarazada por Poseidón. Como castigo, Atenea arruinó su belleza y transformó sus cabellos en serpientes y la condenó a convertir en piedra a quien admirase su rostro.

La conexión entre la mítica Medusa y la medusa que conocemos se debe al gran botánico sueco Carl von Linné, que le puso nombre al transparente animal. Linneo propuso una clasificación del mundo viviente, tanto vegetal como animal, en su *Systema Naturae*. Es una notación binomial, cada ser vivo recibe dos nombres formales cuando es descrito por primera vez. El primero es un nombre genérico, como *Pelagia*, y el segundo es específico, como *noctiluca*. Muchos de los nombres propuestos por Linneo proceden de la mitología porque tenía una gran afición por las culturas griega y romana - llegó a latinizar su nombre, Carl von Linné, por Carolus Linnaeus - En la cuarta edición de 1744 introdujo el nombre de *medusa* por comparación con el rostro de *Medusa*.

La epopeya de Medusa no acaba aquí. Medusa muere a manos del semidiós Perseo. Los relatos clásicos cuentan que el rey Polidectes le encargó a Perseo la tarea de matar a Medusa y llevarle su cabeza. Matarla no era nada fácil. Medusa era temida y vivía con sus dos hermanas en una cueva repleta de estatuas de piedra de los héroes y guerreros que habían

intentado darle muerte. Polidectes envía a Perseo con toda la mala intención, esperando librarse de él y poder entonces desposar libremente a su madre, Danae.

Perseo emprendió el viaje hacia la cueva de Medusa y solicitó ayuda de Hermes y Atenea. El primero le dio el casco de invisibilidad de Hades, dios del inframundo, y la segunda le otorgó un escudo espejado, en cuya superficie podría ver al monstruo reflejado sin tener que mirarlo directamente. Con dicha estrategia, Perseo se aproximó a Medusa y de un golpe le cercenó la cabeza. Huyó de la persecución de las hermanas gracias al casco de invisibilidad. Con la cabeza de Medusa, Perseo realizó célebres tareas, ya que la cabeza conservaba sus poderes para petrificar. Entre ellas, salvó a su madre convirtiendo en piedra al rey Polidectes, y libró a la princesa Andrómeda en Etiopía, con la que desposó. Finalmente, Perseo entregó la cabeza de Medusa a la propia Atenea, y ésta la colocó en su escudo.

El escudo de piel de cabra adornado con la cabeza de Medusa, conocido como *égida*, era el símbolo de la invulnerabilidad garantizada por los dioses. Los emperadores romanos solían representarse con un amuleto colocado sobre su pecho, un escudo en miniatura adornado con la cabeza de Medusa. En el museo arqueológico de Nápoles está el mosaico de Issos, 325 a.C., hallado en una casa patricia en Pompeya (Fig. 6). El espectador centra su mirada en Alejandro Magno, con el pelo alborotado y los ojos muy abiertos, que irrumpe en la escena montado en su caballo *Bucéfalo*, y en su coraza puede verse una imagen de Medusa como *égida*.



Figura 6. Detalle del mosaico de Issos, donde se aprecia que en la coraza de Alejandro Magno hay una medusa, como égida, símbolo de la invulnerabilidad garantizada por los dioses.

En la antigua Grecia, los panaderos colocaban una máscara de Medusa sobre los hornos para alejar de allí a los curiosos e impedir que estos abriesen las puertas, evitando así que las corrientes de aire frío les arruinaran la cocción del pan (Robles, 1966).

Los protagonistas de los mitos también se han inmortalizado con estrellas, no en las aceras de las calles sino en el firmamento. La constelación de **Perseo** representa a un guerrero que porta en su mano izquierda la cabeza de Medusa, cuyo ojo es la famosa estrella Algol. En ella se localiza la lluvia de meteoros de las perseidas. La constelación de **Andrómeda**, esposa de Perseo, se sitúa a su derecha y es una de las constelaciones más grandes. Encima de estas dos, está la constelación de **Casiopea**, la madre de Andrómeda. Es una de las constelaciones más reconocibles por sus cinco estrellas brillantes que forman una “W” en el cielo circumpolar boreal. Es muy usada para encontrar el norte cuando hay dificultades para ver la Osa Mayor.

Medusa no tiene constelación, pero se han descubierto galaxias que llevan su nombre (George et al. 2022). Se trata de galaxias que parecen emitir largos filamentos de gas y de estrellas jóvenes, como

los tentáculos de las medusas. Son galaxias espirales sometidas a un fenómeno conocido como desprendimiento de presión ram (*ram-pressure stripping*) cuando son atraídas por un cúmulo de galaxias. La galaxia es despojada de su gas y se crean estelas dentro de las que se pueden formar estrellas.

En descargo de las maldades de Medusa, algunas medusas - la ***Cotylorhiza tuberculata***, entre otras - protegen de los depredadores a los alevines de muchos peces pelágicos, como los jureles que se arremolinan entre sus tentáculos (ver figura 7). (Cardona y Elices, 2021).

MITOLOGÍA Y ARTE

Arte y mitología siempre han ido de la mano. Las medusas, por la fascinación que ejercen, no han sido una excepción. Hace más de 20.000 años, nuestros antepasados dibujaron medusas (posiblemente) en la cueva de Cosquer⁶ (Clottes y Courtin, 1994). Las medusas aparecen en mosaicos griegos y romanos, y



Figura 7. Los alevines de muchos peces pelágicos, como estos jureles, se protegen con la medusa *Cotylorhiza tuberculata*

han sido immortalizadas a través de los tiempos en innumerables obras de arte.

Una de las obras cumbre de la escultura manierista italiana es *Perseo con la cabeza de Medusa* (Figura 8), una escultura realizada en bronce por Benvenuto Cellini entre 1545 y 1554. Representa a Perseo y Medusa; Perseo la acaba de decapitar con la espada que empuña con la mano derecha, mientras que con la mano izquierda sostiene triunfante la cabeza de Medusa por su cabellera.

Otra escultura célebre, realizada en mármol, por Antonio Canova, entre 1804 y 1806, es *Perseo triunfante* (Figura 8). A diferencia de la obra de Cellini, este Perseo neoclásico mantiene una expresión tranquila. En la mano izquierda sostiene por los cabellos la cabeza cortada, pero sin sangre, y colgado del brazo lleva un manto. En la mano derecha la espada con la que la decapitó. Un detalle curioso es que Perseo ha sido immortalizado mirando fijamente a la cabeza de Medusa - no debía haberla mirado para no quedar convertido en piedra -. Parece que Canova quiso advertirnos que la escultura es precisamente el resultado de una petrificación real.

No se puede ignorar a Ernst Haeckel (1834-1913), naturalista, filósofo y pintor, y un entusiasta de las medusas. Se dice que al fallecer repentinamente su esposa Anna, en 1864, buscó consuelo con el estu-

dio de las medusas, trabajo que culminó en la edición de una monografía (espléndidamente ilustrada) citando a más de 600 especies. A dos de ellas, especialmente bellas, las bautizó con el nombre de su esposa - *Mitrocoma annae* y *Desmonema annasethe* -. La casa que tuvo en Viena, la llamó "Villa Medusa" y la decoró con frescos de medusas en las paredes y techos.

Medusa se convirtió en un tema común en el arte, tanto en el siglo XIX como en el XX, con las obras de Arnold Böcklin, Auguste Rodin, Paul Klee, John Singer Sargent, Salvador Dalí, o Pablo Picasso, entre otros. Un análisis detallado de las relaciones entre el arte y el mito de *Perseo y Medusa*, y como lo han interpretado pintores y escultores, puede encontrarse en el libro de S. R. Wilk (Wilk, 2000).

INMORTALIDAD

Solamente los dioses no envejecen y son inmortales, pero recientemente se ha descubierto una enigmática excepción - aquí es donde adquieren protagonismo las medusas - porque la pequeña medusa *Turritopsis dohrnii* es capaz de rejuvenecer, por lo que ha ganado el calificativo de **medusa inmortal**.

En situaciones de estrés - si sufre algún daño o el ambiente es tóxico - la medusa *T. dohrnii* pone



Figura 8. *Perseo con la cabeza de Medusa* (izquierda) y *Perseo triunfante* (derecha)⁷

en marcha un proceso inverso de desarrollo (López-Otín y Kroemer, 2020). Deshace su umbrela y los tentáculos para fusionar sus estructuras anatómicas en una especie de pelota amorfa y, a partir de ella, forma un pólipo del que se pueden generar varias medusas. Este ciclo de desarrollo normal (del pólipo a la medusa) y reverso (de la medusa al pólipo) puede repetirse sin límite, de modo que *T. dohrnii* acaba convirtiéndose en un animal teóricamente inmortal. Por buscar una analogía, sería lo mismo que si al morir una rana, sus células se reagruparan y formasen un renacuajo.

Difícilmente se podrán imitar las proezas biológicas de esta medusa para los humanos, aunque de su estudio se podrán extraer importantes lecciones acerca de la plasticidad del envejecimiento que, posiblemente, permitirán mejorar nuestra longevidad. (Pascual-Torner M. et al. 2022) y (Ávila J. 2022).

Un pariente de *T. dohrnii*, otro hidrozoo, es la hidra (*Hydra vulgaris*) que también se comporta como un organismo inmortal. Es un pólipo de agua dulce que se reproduce asexualmente formando brotes. Está constituido por un saco de células progenitoras que van reemplazando a las células envejecidas cuando es preciso. Su capacidad de renovar inde-

finidamente sus propias células progenitoras convierte a la hidra, al menos técnicamente, en un ser inmortal. (Martínez y Bridge, 2012).

Un gusano platelminto primitivo, conocido como *planaria*, también pretende entrar en la lista de los inmortales. En la figura 9 se muestra un ejemplar del gusano plano *Prostheceraeus roseus*. Cuando hay alimento en abundancia, lleva una vida normal. Pero si falta comida se devora a sí mismo y solo se detiene cuando no le queda más que el sistema nervioso. Cuando percibe que llegan los buenos tiempos, se reconstruye y comienza a vivir otra vez. De hecho, estos gusanos planos tienen una gran capacidad de regeneración; si se cortan en pedacitos, en vez de tener un gusano muerto se consiguen gusanos vivos completos, tantos como los trozos cortados.

Termino con una reflexión y un elogio a la pequeña medusa, en palabras del científico Carlos López-Otín: “la inmortalidad es indeseable, el envejecimiento es inexorable, pero la longevidad es extraordinariamente plástica y la medusa *T. dohrnii* lleva esta plasticidad al límite”. Confiemos en que esta medusa nos descubra las claves para mejorar nuestra longevidad.



Figura 9. *Prostheceraeus roseus*, Lang 1884. (Tamaño 6mm.)



NOTAS

1. Ejemplos de **Biomimetismo** se han publicado en esta revista y en los programas de Promoción de la Cultura, p.e. A Romero (2022) y M Elices (1999).
2. Los hidrogeles son redes tridimensionales de polímeros hidrofílicos que pueden retener considerables cantidades de agua.
3. **Chrysaora**: (gr. chrysaor, hijo gigante y alado de Medusa). **Hysoscella**: (gr. isoskeles, de lados iguales). Posee marcas alargadas en la umbrela rodeando una mancha central. Esta estructura se asemeja a la cara de una brújula, de ahí el nombre común de “medusa brújula”.
4. Un láser de polaritones es una fuente de luz coherente basada en que un gran número de bosones (polaritones, en este caso) pueden formar un condensado capaz de emitir luz coherente. Es otra fuente de luz que funciona mediante un mecanismo distinto del de los láseres convencionales. La estructura típica de estos láseres es una microcavidad óptica situada entre dos reflectores.
5. **Cotylorhiza**: (gr. kotyledon, hueco. gr. rhiza, raíz). **tuberculata**: (lt. Tuberculum, tumor, excrecencia). Se ha utilizado la toxina de esta medusa en oncología. Se ha observado citotoxicidad frente a ciertas líneas celulares del cáncer de mama.
6. En la actualidad, la entrada de la cueva está a 37 metros de profundidad, en la costa de Niza. Hace 20.000 años, el nivel del mar estaba alrededor de 120 metros por debajo del actual y la entrada de la cueva era accesible desde tierra.
7. Wikipedia: Dominio público.

NOTA. Las fotos submarinas se han realizado por el autor en las costas de Menorca.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor/a de este artículo declara no tener ningún tipo de conflicto de intereses respecto a lo expuesto en el presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ávila J. (2022). Reprogramar el envejecimiento. RACSG 111: 1 100-108.
2. Ballester P. (1923). De Re Cibaria. Cocina ,Pastería, Repostería:Menorquinas. Imp. Sintet Rotger.
3. Cardona L. y Elices M. (2021). Peces de Baleares. Albatros Comunicación.
4. Clottes J. y Courtin J. (1994). La grotte Cosquer. Peintures et gravures de la caverne engloutie. Ed. Seuil.
5. Dietrich C. P. et al. (2016). An exciton-polariton laser based on biologically produced fluorescent protein. Science Advances. 2: e1600666
6. Elices M. (1999). Materiales Biológicos y Biomateriales. En Horizontes Culturales. Las fronteras de la Ciencia. RAC-Espasa. 113-125.
7. Elices M. y Guinea G. V. (2013). Mechanical Properties of Biological Materials.vol.2 Membranes. Albatros.
8. Elices M. y Guinea G. V. (2015). Mechanical Properties of Biological Materials. vol.3 Bulk Materials. Albatros.
9. Gemmell B. J. et al. (2013). Passive energy recapture in jellyfish contributes to propulsive advantage over other metazoans. PNAS. 110: 17904-17909.
10. George K. et al. (2022). Ultraviolet imaging observations of three jellyfish galaxies: Star formation suppression in the centre and ongoing star formation in stripped tails. arXiv:2212.02423v1.
11. Goy J. et al. (1989). Long term fluctuations of Pelagia noctiluca in the Western Mediterranean sea: Prediction by climatic variables. Deep-Sea Research Part A Oceanographic Research Papers. 36: 269-279.
12. Haddock S. H. and Dunn C. W. (2015). Fluorescent proteins function as a prey attractant: experimental evidence from hydromedusa Olindias formosus and other marine organisms. Biology Open. 4: 1094-1104.
13. Hoyer B. et al. (2014). Jellyfish collagen scaffolds for cartilage tissue engineering. Acta Biomaterialia. 10: 883-892.



14. Kingsford M. J. et al. (2000). Management of jellyfish fisheries, with special reference to the order rhizostomeae. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. 38: 85-156.
15. Leone A. et al. (2015). The bright side of gelatinous blooms: nutraceutical value and antioxidant properties of three Mediterranean jellyfish (Scyphozoa). *Mar. Drugs*. 13: 4654-4681.
16. Lee Y. et al. (2020) Hydrogel soft robotics. *Materials Today Physics*. 15: 1-24
17. López-Otín C. y Kroemer G. (2020). El sueño del tiempo. *PAIDÓS Contextos*.
18. Martínez D. E. y Bridge D. (2012). Hydra, the everlasting embryo, confronts aging. *Int. J. Dev. Biol.* 56: 479-487.
19. Nawroth J. C. et al. (2012). A tissue – engineered jellyfish with biomimetic propulsion. *Nature Biotechnology* 30: 792-797.
20. Omori M. y Nakano E. (2001). Jellyfish fisheries in southeast Asia. *Hydrobiologia*. 451: 19-26.
21. Ormö M. et al. (1996). Crystal Structure of the Aequorea Victoria Green Fluorescent Protein. *Science* 273: 1392-1395.
22. Pascual-Torner M. et al. (2022). Comparative genomics of mortal and immortal cnidarians unveils novel keys behind rejuvenation. *PNAS* 119: 36 e2118763119.
23. Prieto L. et al. (2018). The large jellyfish *Rhizostoma luteum* as sustainable a resource for antioxidant properties, nutraceutical value and biomedical applications. *Mar. Drugs*. 16: 396; doi:10.3390/md16100396.
24. Robles M. (1966). *Mujeres, mitos y diosas*. Fondo de la cultura económica. ISBN 978-607-16-0907-6.
25. Rodríguez E. A. et al. (2017). The Growing and Glowing Toolbox of Fluorescent and Photoactive Proteins. *Trends in Biochemical Sciences*. 42: 111-129.
26. Romero A. (2022). La bioinspiración como herramienta de la tecnología. *RACSG* 111: 1 29-37.
27. Spangenberg D. B. et al. (1994). Graviceptor development in jellyfish ephyrae in space and on earth. *Adv. Space Res.* 14: 317-325.
28. White M. A. et al. (2006). Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st century. *PNAS*. 103: 11217-11222.
29. Wilk S. R. (2000). *Medusa. Solving the mystery of the gorgon*. Oxford U. P.
30. Zhu J. et al. (2012) Mechanical properties, anisotropic swelling behaviours and structures of jellyfish mesoglea. *JMBBM* 6: 63-73.

Si desea citar nuestro artículo:

Elices Calafat M. Medusas: ciencia y mitos.
RACSG.2023;112(01): 5-17
rac.2023.112.1.org01

REAL ACADEMIA DE **CIENCIAS EXACTAS,**
FÍSICAS Y NATURALES DE ESPAÑA

