

PECES LUMINOSOS

POR LA PROFESORA

ELVIRA M. SICCARDI

DEL PERSONAL TÉCNICO DE LA SECCIÓN ZOOLOGÍA
DEL MUSEO ARGENTINO DE CIENCIAS NATURALES

(Del ANUARIO RURAL de la Provincia
de Buenos Aires, año XII, N.º 12. Tirada
del Museo Argentino de Ciencias
Naturales de la Capital Federal).

PECES LUMINOSOS

Por la Profesora ELVIRA M. SICCARDI

Docente asistencial de la Sección de Biología del Museo Argentino de Ciencias Naturales

El que haya tenido oportunidad de observar en las noches estivales los destellos luminosos que a intervalos emiten las «luciérnagas», habrá pensado que esto era un capricho excepcional de la naturaleza. Pero si el mismo observador tuvo la suerte de navegar en el mar, no habrá sido menor su asombro al comprobar que este fenómeno de la bioluminiscencia se repite y amplifica en la superficie de las aguas. Si llevado por una curiosidad científica quiso saber qué extensión adquiere la bioluminiscencia en la naturaleza, habrá llegado a enterarse que ésta se generaliza en la tierra y en el mar, donde no se limita sólo a la superficie, sino que llega hasta los abismos. Y lo que tal vez le sorprenda más, es el hecho de no ser solamente privativo de los animales, pues también existen plantas luminosas.

Tan grande y atrayente es la belleza y el misterio que encierran las seres generadores de la luz fría, que toda suerte de investigadores en distintas épocas, han multiplicado sus observaciones e interpretaciones al respecto. Sucediéndose, en los numerosos trabajos, desde las apreciaciones más superficiales a las más precisas: para encontrarnos a través de esta luz tan tenue y lenta en procura de la verdad con no pocas extravagancias, inexactitudes y errores.

En las más modernas investigaciones sobre bioluminogénesis —generación de la luz por los seres vivos—, se ha llegado a las siguientes conclusiones: es un fenómeno físico-químico producido en el interior de la célula o tejido, o fuera del cuerpo del organismo generador de las sustancias fotógenas, «luciferinas» y «luciferasa»; las cuales pueden reaccionar independientemente de él pero siempre en presencia de agua y oxígeno. Dichas sustancias han sido aisladas y después de secas mantienen su poder lumínico, de manera tal, que al ser puestas en presencia en un medio acuoso y oxigenado reaccionan produciendo luz.

La «luciferina» es una sustancia de naturaleza proteica, con muchas propiedades comunes a las proteosas y peptonas, cuya fórmula estructural no está todavía resuelta y cuya elaboración se realiza en tejido glandular especializado del organismo. La «luciferasa» es indiscutiblemente un protido que se comporta como una diastasa, circula por la sangre poniéndose en presencia de la «luciferina», cuya oxigenación provoca, liberando energía bajo forma lumínica, sin elevar la temperatura.

Antes de llegar a estos resultados, han sido muy variadas las hipótesis que se sucedieron para explicar la naturaleza de la luz animal. Sobre todo, desde que las primeras observaciones no fueron más que simplemente descriptivas y no narraron mucho más que el asombro experimentado por el observador ante la magnificencia de un espectáculo tan emocionante.

A medida que aumentaron las posibilidades de captura de los organismos luminosos y que su mantenimiento en buenas condiciones de vida pudo llevarse a cabo en acuarios, no sólo se realizaron más prolijas y amplias observaciones objetivas, sino también pruebas experimentales.

Con el adelanto de los métodos químicos se hizo posible el aislamiento de las sustancias que intervienen en la reacción; el estudio de sus propiedades, su composición y hasta su grado de especificidad zoológica.

En la historia de la Edad Antigua, no puede señalarse ningún estudio especializado e importante sobre bioluminiscencia. Transcurre la Edad Media,

sin haber aportado novedad alguna y aun habiendo abandonado todo interés por el hecho. Es recién a partir del siglo XVI, que la curiosidad de los sabios por este problema se intensifica, aumentando el interés por él en grado creciente, hasta nuestros días.

Franklin, que primero considera, por los años 1747 y 1749, que la luminiscencia del mar tiene que ser de origen eléctrico y debida al frotamiento de sales marinas, descarta después por completo esta idea; por los años 1750 y 1751 considera, adelantándose a los conocimientos de su época, que la luminiscencia del mar no es eléctrica, sino que hay que atribuirla a otros principios. Esta hipótesis llega hasta Bowdoin, el cual en noviembre de 1753 escribe a Franklin, desde Boston, anunciándole que mientras observan la fosforescencia del mar con otros varios caballeros y ellos piensan que la causa de dicha iluminación debe atribuirse a la putrefacción de partículas animales y otros cuerpos que flotan en el agua, yo entre ellos, digo, me hago la siguiente conjetura: esta luminiscencia debe ser causada por un gran número de pequeños animales flotando en la superficie. A lo que Franklin responde: es muy posible que animalitos extremadamente pequeños, aun no visibles, sean los causantes de esta luminosidad.

En el mismo año en que Franklin y Bowdoin, con todo acierto, suponen la verdadera causa productora de la luminiscencia marina, un microscopista, Henry Baker, tiene la suerte de hacer la primera observación de *Noctiluca*, Protozoario marino, que es una de las especies luminosas más abundantes. Pero mientras estos hombres de ciencia se adelantan a los conocimientos de su época, la mayoría de sus contemporáneos siguen atribuyendo la fosforescencia del mar a las causas más diversas y equívocas. Martín supone que es ocasionada por putrefacciones; para Silbersehlag es de naturaleza fosfórica; Mayer cree que la superficie del mar se embebe de luz, la cual después descarga; Bajon y Gentile, como Franklin en sus primeras observaciones, consideran que la fosforescencia marina debe tener origen eléctrico.

Después de descubierta, en 1753, su verdadera causa, de naturaleza animal, se suceden las observaciones parciales, acrecentando el número de animales luminosos, hasta llegar en la actualidad a observar luminiscencia en una o más de las especies de alrededor de 40 órdenes; así como en las plantas se ha constatado el hecho entre los hongos y las bacterias. No habiéndose registrado la fosforescencia ni en los vegetales superiores, ni en los vertebrados, a excepción de los peces, y en los casos observados, se ha probado que ella es debida a invasiones de bacterias luminosas.

Sin pretender hacer una prolija crónica histórica de la adquisición del conocimiento sobre la naturaleza biolumínica, ni sobre las propiedades físico-químicas de los compuestos aislados, que producen la luz; ni aun de la estructura y el funcionamiento de los órganos especializados para su producción, no puedo hacer a menos de señalar aquí y allá hechos que, aunque un tanto inconexos, nos darán una idea de los jalones plantados a lo largo del camino de estas investigaciones.

La oxidación de la luciferina en presencia de la luciferasa, es probada, por primera vez por Dubois, en 1886, en el *Pyrophorus* de la India, gran escarabajo luminoso. A partir de este momento se aíslan estos compuestos y se los sigue localizando en gran número de especies más; destacando que es Hickling quien los descubre para los peces, en el *Malacocephalus laevis*.

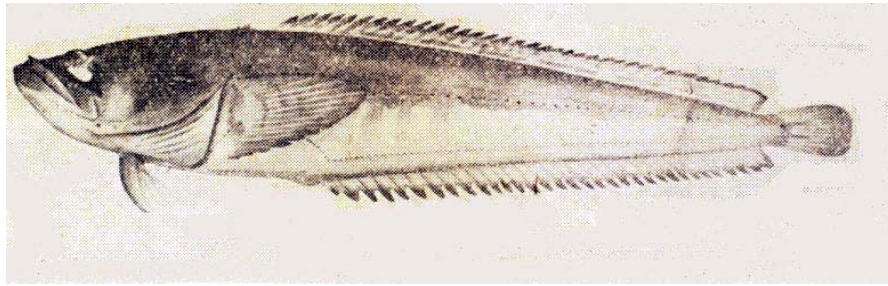
A Pierantoni se le debe el descubrimiento, en 1918, de los simbiotes luminosos hereditarios; bacterias luminosas que viven en el interior de otros organismos sin dañarlos, beneficiándose con su estadía en ellos y favoreciéndolos con la producción de luz continua que los caracteriza. Este notable caso de armonías individuales no termina aquí, pues los esporos bacterianos circulan en el medio interno del huésped, se localizan en sus óvulos, para ser transmitidos

a los nuevos organismos; transformando así, en hereditaria esta simbiosis que debió originarse accidentalmente.

Harvey, uno de los hombres de ciencia, de la actualidad, más autorizado en el problema de la luminosidad animal, con una labor continuada con eficacia ininterrumpida durante más de veinticinco años y conculcada en numerosos trabajos, tomó con cierta reserva las apreciaciones de Pirantoni. Pero él mismo se ve sorprendido en años posteriores, 1924, por la presencia de simbiontes luminosos en 2 peces, *Anomalops* y *Photoblepharon*, de quien aísla y cultiva sus bacterias luminosas. Reafirmando el hecho, Yasaki señala, en 1928, que la luz continua del pez *Monocentris japonicus* es debida a bacterias luminosas.

Otro hecho digno de mención es el descubrimiento del control hormonal en la producción de luz, realizado por Green y Green en 1924, mediante la estimulación lumínica del pez *Parichthys notatus* de California, llevado a cabo con inyecciones de adrenalina. Hecho que confirma nuevamente Harvey en 1931, provocando la luminiscencia de otro pez, el *Eubiostoma stansbarba*, mediante inyecciones de adrenalina al 1:1000 en suero fisiológico.

Es interesante constatar como hecho de valor aplicado, que Beijerinck, 1889 y 1902, usa bacterias luminosas como control de filtrados bacteriales, garantizándose la eficacia de los filtros, pues si éstos no dejan pasar bacterias que



Nautopaedium porossissimus (Cuv. Val), especie argentina, similar a la norteamericana, pero cuyo poder luminoso no ha sido aún estudiado.

se hacen presentes en el filtrado por su emisión de luz, tampoco dejarán pasar las otras bacterias. El mismo investigador se vale de la propiedad de una de estas bacterias, de iluminarse en presencia de la maltosa, para revelar la existencia de esta substancia en los preparados. Dubois ha conseguido obtener lámparas con bacterias luminosas, las cuales han resultado muy útiles para alumbrar polvorines, donde cualquier otro sistema de iluminación resulta peligroso.

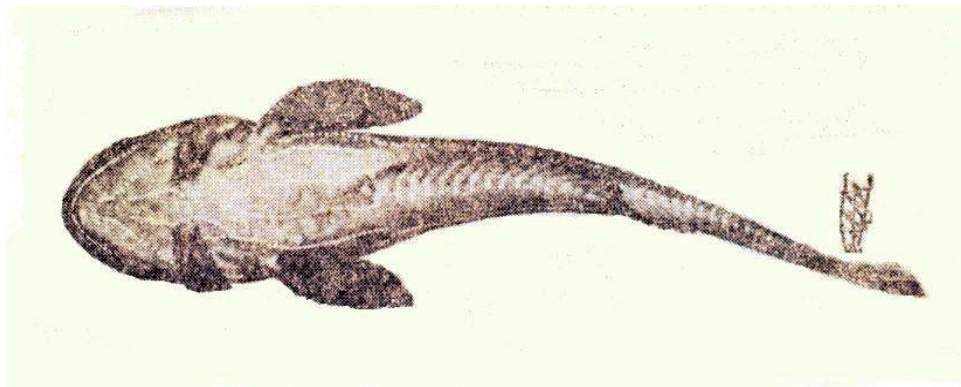
Aprovechando los conceptos adquiridos por todos los hombres de ciencia a través de los siglos nos resulta ahora sencillo encarar el conocimiento de los peces luminosos.

Los podemos dividir en peces que producen luz primaria o propia, a costa de substancias de su organismo, y los de luminiscencia secundaria, derivada de la presencia de bacterias luminosas cultivadas en cámaras especiales de su cuerpo. En este caso los peces producen una luz continua, a diferencia de los que emiten luz propia la que se manifiesta de manera intermitente, respondiendo a estímulos internos, sistema nervioso y hormonas, o externos incluyendo para ambos los experimentales. Todavía podemos agrupar los peces en los que poseen una luminiscencia intracelular y los que la poseen extracelular; según que la reacción lumínica se produzca en el interior de los tejidos del animal, sea de una manera más o menos generalizada o localizada en órganos especializados, los fotóforos, o que el animal segregue al exterior las substancias que al reaccionar rodean al organismo de una aureola de luz.

Entre los peces de luz continua el *Monocentris japonicus* presenta el sistema menos evolucionado. Dos órganos localizados en la mandíbula inferior, a

modo de cámaras de cultivo para las bacterias luminosas, emiten luz intermitentemente durante el día y la noche, no pudiendo ser controlada por ningún mecanismo especial del animal.

En *Apollonides* y *Photolepiscus* que habitan el océano Indico, la luz es emitida en forma continua por un órgano situado en la parte inferior del



Parichthys volitans Girard (Pez de California) presentando órganos luminosos en relación con los canales nerviosos, esparcidos por todo el cuerpo y dispuestos de modo tal que determinan una serie de líneas bien definidas y constantes.

ojo. Como en el caso precedente, se trata de una cámara de cultivo de bacterias luminosas. Un dispositivo que actúa como obturador fotográfico, que el animal puede deslizar sobre el órgano constantemente iluminado, determina un **oscurecimiento** voluntario e instantáneo. Perfeccionamiento anatómico que hasta **no ser observado** puede conducir a la ubicación errónea de este pez en el grupo más evolucionado de los que emiten luz intermitente, regulada a voluntad del individuo. **Dentro de éstos**, el género *Parichthys*, sólo puede ser estimulado a la



Malacosteus niger (Ayren). Presenta pequeñas subeintas o nódulos luminosos, distribuidos sin orden por el cuerpo y la cabeza, en la que se observan también 2 lámparas grandes.

luminiscencia en una época determinada del año, primavera o verano, que coincide con el momento de la reproducción, autorizando a pensar que en este caso la fosforescencia es un atractivo que reemplaza las vistosas y polifloras galas que constituyen en otras especies el llamado manto nupcial.

En los *Parichthys*, la luz resulta de un sinnúmero de pequeños órganos luminosos esparcidos por todo el cuerpo y en relación con canales nerviosos muy desarrollados. Su iluminación ha sido probada experimentalmente, mediante **estimulación eléctrica e inyecciones de adenosina** en *Parichthys volitans* de California. En la especie *Parichthys porocheilus*, que habita nuestro país, ahora sistemáticamente consignado como *Nautopodium porocheilus*,

no se ha dado aún la oportunidad de ser comprobada la luminiscencia, la cual pescadores y aficionados a la pesca aseguran haber observado. Por lo demás esta especie presenta con el *notatus* tan estrecha relación y en especial tan idéntico parecido en su sistema de poros, que no es de extrañar que el fenómeno se haga presente al control de un observador autorizado.



Photostomus guernei Collet. Dos hileras de fotóforos alineados a los costados del cuerpo. Sobre la cabeza un gran fotóforo a modo de proyector, rodeado por numerosos órganos luminosos pequeños.

Gran parte de los peces abisales presentan aparatos de iluminación concretados en estructuras especialmente organizadas para este fin, los fotóforos. Descartando la posibilidad de una agrupación sistemática de estos peces luminosos, desde que no encontramos representantes de las más variadas familias, sin que sea posible poder trazar una línea evolutiva sistemática en el desarrollo de este aparato, intentaremos reunirlos en grupos de acuerdo al modo de distribución de los fotóforos en las distintas partes de su cuerpo y al perfeccionamiento gradual de su estructura.



Eustomia braueri Zugmayer, con doble hilera de fotóforos bien definidos a los lados del cuerpo. En el resto de éste y la cabeza pequeños nódulos luminosos dispersos.

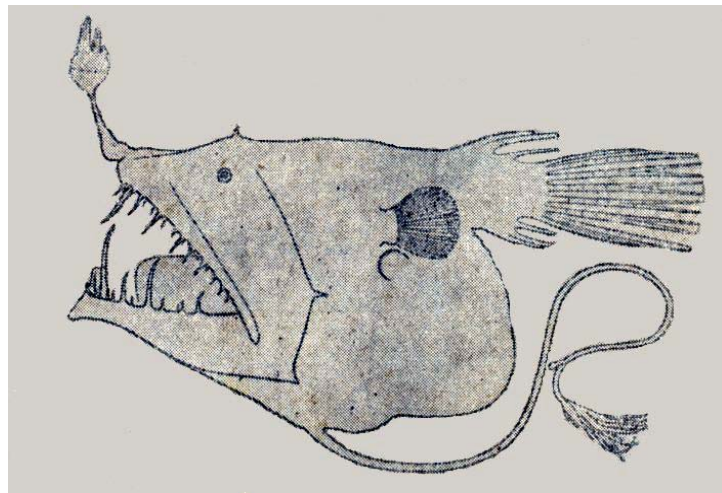
Con respecto a su distribución encontramos casos, coincidiendo con la simplicidad de su organización, en que pequeñas saliencias o nódulos luminosos se distribuyen sin gran orden por el cuerpo y la cabeza del animal, haciendo la salvedad que aun en este aparente desorden, raramente invaden la parte superior del cuerpo. Así ocurre en *Malacosteus niger* y en *Aleposomus lividus*, siendo de igual modo en *Xenodermichthys*, pero con fotóforos de mayor tamaño.

En otros casos se alinean ordenadamente en una hilera a los costados del cuerpo, ocupando en *Halosaurus* la posición de la línea lateral y siguiendo en la cabeza las ramas de los canales mucíferos, con quien los fotóforos guardan siempre estrecha relación. O en doble hilera sobre el cuerpo y la cabeza como en *Idiacanthus*, *Opostomias*, *Enchiostomias*, *Stomias* y otros muchos.

Ubicados en sitios estratégicos, como en la proximidad de los ojos, actuando en este caso como verdaderos proyectores, lo que permite aventurar la interpretación de que el animal debe utilizarlos para iluminar su ruta. Como en *Amisaiops*, *Photoblepharon* y *Malacosteus indicus*, por ejemplo. En el caso de *Ipnops murrayi* nos encontramos con la contradicción, de que los ojos parecen haber sido modificados en órganos luminosos que proyectan su luz a través de



Ipnops murrayi Günther. En el lugar que corresponde a los ojos dos grandes placas transparentes actúan como órganos luminosos.



Limnodynastes coronata longibarbita Borodin. Pediculado que presenta un apéndice frontal terminada en un fotóforo y una larga barbita ventral cuyo extremo se ramifica en una serie de prolongaciones luminosas.

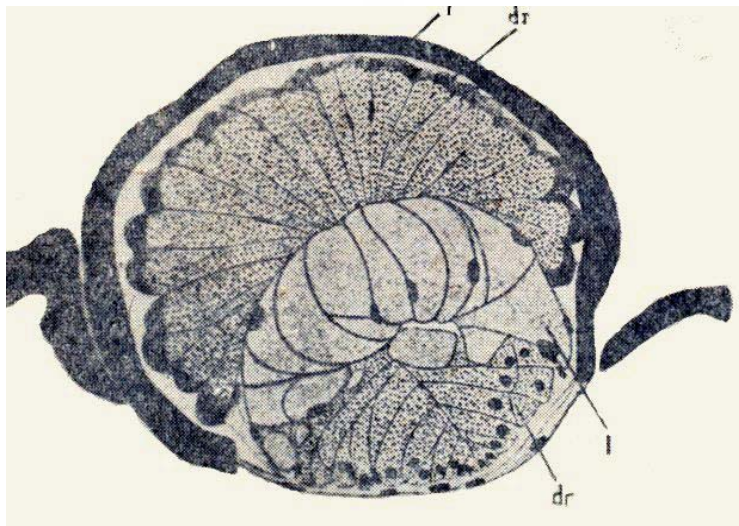
dos grandes placas transparentes, que ocupan mucho mayor superficie de la que corresponde a la cavidad ocular. Caso paradójico, la presencia de una fuente luminosa tan intensa, en reemplazo de los órganos de la visión destinados a captarla.

Situados en apéndices alejados del cuerpo, como radios y barbillas excesivamente prolongadas. Esta es la disposición que caracteriza a todos los *Pediculados*, los cuales parecen valerse de estos farolillos tan estratégicamente dis-

puestos para llamar la atención de sus víctimas que incautamente se aproximan a ellos para caer por este medio irremediablemente en las enormes fauces de sus victimarios.

A través de toda la serie de los peces luminosos, puede establecerse una línea de evolución gradualmente creciente en lo que respecta a la estructura del aparato luminoso. A partir de los diminutos y numerosos órganos simples que aparecen dispersos por todo el cuerpo en el *Spinax lucifer* y en el *Leptodermis affinis*, por ejemplo, donde simples acúmulos glandulares, es el único dispositivo con que cuenta el animal para exudar el mucus que provoca la tenue extra luminiscencia que lo caracteriza.

A la parte glandular que es la única presente en este caso, y el verdadero manantial luminoso sea cual fuere el grado de evolución estructural del fotóforo, se van agregando a medida que los órganos se perfeccionan para la emisión de la luz, una serie de dispositivos auxiliares, tales como: reflectores,



Fotóforo de *Spinax regalis*. Brauer; se muestra la cámara que rodea el órgano luminoso en los dos lados. Letras del pez: dr, células glandulares fotóforas; l, lente; dr', amplificador del fotóforo.

sistemas convergentes, lentes divergentes, etcétera. Todo ello dotado de una irrigación sanguínea especial y una inervación que asegura un funcionamiento dirigido por el animal de la manera más eficaz para el fin que está destinado.

Esta esquemática y rápida visión de los peces luminosos, nos muestran que: en el fondo de los abismos oceánicos, hasta donde no alcanza el más mínimo resplandor de la luz solar, existen peces luminosos con fotóforos distribuidos de las maneras más variadas; en todos los grados de complejidad estructural: correspondiendo a las familias más lejanas entre sí, por sus parentescos sistemáticos, muchos de cuyos géneros tienen en aguas menos profundas o en regiones litorales, especies que no son luminosas. Conjunto de motivos que si no queremos que torturen nuestro espíritu con el planteo de otros tantos problemas, los reducimos sencillamente a una frase: efectos de convergencia. Expresión que nos resulta útil para llegar al acuerdo de los hechos a que queremos hacer referencia, pero en la cual no hay que sentirse cómodamente apoyados restando eficacia a las inquietudes, respecto a los innumerables problemas que la bioluminiscencia plantea a los zoólogos, físico-químicos y biólogos.

Es preciso reconocer que éstos han visto, en los últimos años, coronados sus afanes con el esclarecimiento de los hechos fundamentales de la bioluminiscencia. Uno de los fenómenos naturales que más nos sorprenden por el misterio y la belleza de su espectacular magnificencia,